

SÉRIE A N° 1593

N° D'ORDRE :

2459

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES PHYSIQUES

PAR

Casimir JAUSSERAN

Agrégé de l'Université.

Assistant à la Faculté des Sciences de Marseille.

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES SUR L'ÉVOLUTION DE L'IMAGE LATENTE
PHOTOGRAPHIQUE.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le **Octobre 1935** devant la Commission d'examen.

15 NOVE 1935

MM. A. COTTON..... *Président.*

CH. FABRY..... } *Examineurs.*

P. JOB..... }

PARIS

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1935



Digitized by the Internet Archive
in 2026

SÉRIE A N° 1593

N° D'ORDRE :

2459

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES PHYSIQUES

PAR

Casimir JAUSSERAN

Agrégé de l'Université.

Assistant à la Faculté des Sciences de Marseille.

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES SUR L'ÉVOLUTION DE L'IMAGE LATENTE
PHOTOGRAPHIQUE.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le **Octobre 1935 devant la Commission d'examen.**

MM. A. COTTON..... *Président.*
CH. FABRY..... } *Examineurs*
P. JOB.. }

PARIS

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

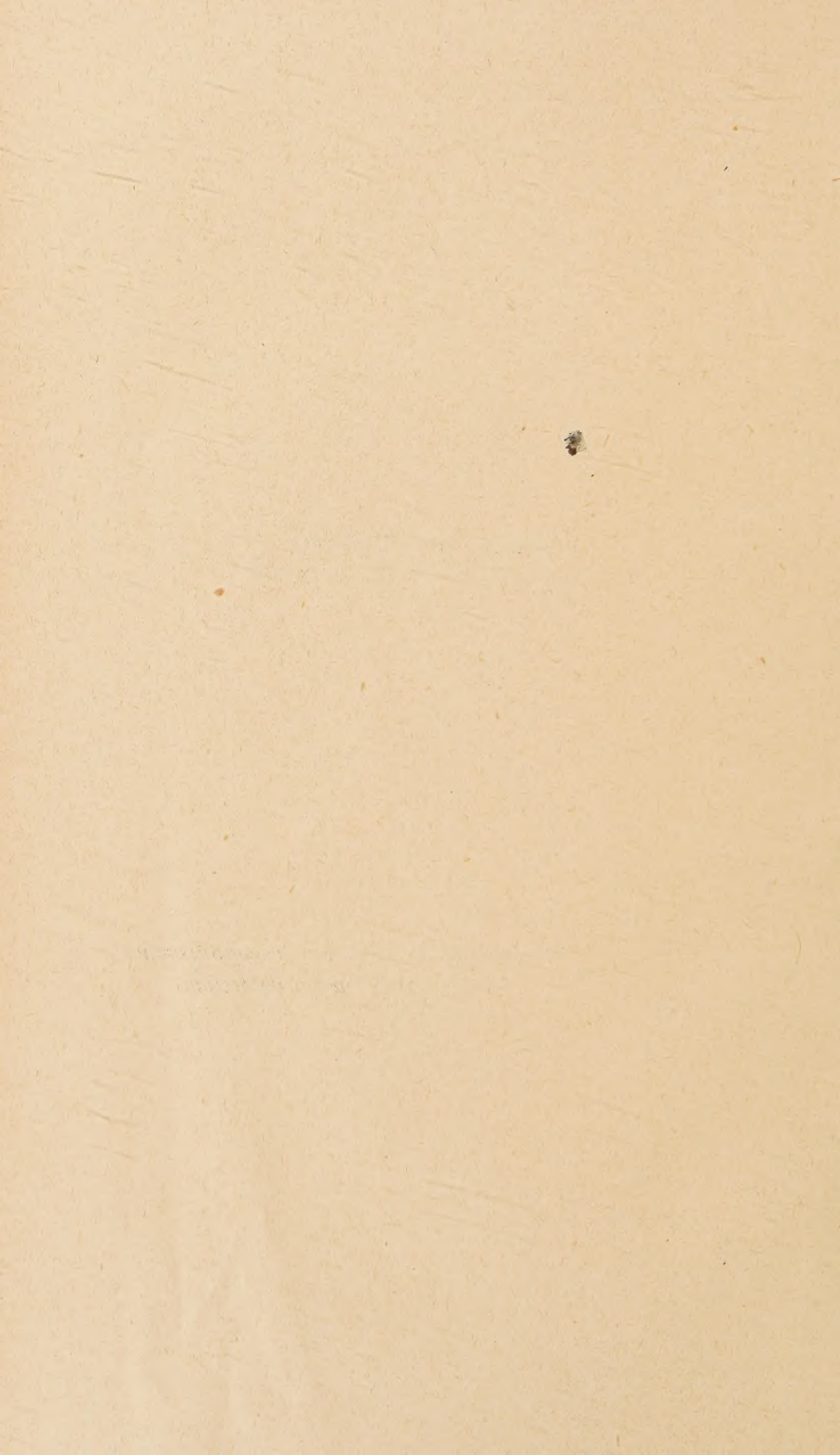
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

—
1935

A MONSIEUR H. BUISSON
Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.

*Hommage de profonde reconnaissance
et de respectueuse affection.*



RECHERCHES SUR L'ÉVOLUTION DE L'IMAGE LATENTE PHOTOGRAPHIQUE

Par M. CASIMIR JAUSSERAN

INTRODUCTION

La lumière crée dans une émulsion photographique une modification particulière invisible, appelée image latente, que l'action chimique d'un révélateur transforme en une image développée, seule accessible aux mesures. Le fixage détruit toute possibilité d'impression lumineuse ultérieure et amène ainsi les parties exposées dans leur état définitif.

Jusqu'à ces dernières années, la tendance générale était d'admettre que l'effet de la lumière et celui du développement suffisent à déterminer les caractères de l'image définitive, en particulier sa densité optique. Divers auteurs (1 à 8), Brush en particulier, avaient cependant constaté que deux impressions lumineuses identiques développées dans les mêmes conditions ne produisent pas la même densité si l'intervalle de temps qui s'écoule entre la pose et le développement n'est pas le même pour les deux impressions, c'est-à-dire que l'image latente évolue après l'exposition. Mais le nombre des variations accidentelles possibles est si grand que d'autres observateurs n'avaient pu mettre en évidence ce phénomène, si bien que son existence même était encore très discutée.

Cette évolution de l'image latente, sans importance lorsque la photographie n'a d'autre but que la reproduction de la forme des objets, est, au contraire, d'une importance consi-

dérable, lorsqu'on a en vue des recherches théoriques sur la photographie ou ses applications photométriques. J'en ai entrepris l'étude quantitative pour différents points de la courbe de noircissement et divers intervalles de temps.

Dans une première partie j'examinerai d'abord brièvement les diverses grandeurs intervenant dans l'ensemble du procédé photographique. J'indiquerai ensuite la méthode que j'ai employée dans mes recherches et le mode opératoire, qui m'a permis de satisfaire aux exigences qu'elle comporte.

J'exposerai dans la deuxième partie les résultats pour une émulsion courante (plaque Joula, grands instantanés) et la manière dont ils dépendent des circonstances d'observation.

Au cours de la troisième partie, je montrerai la généralité du phénomène sur différentes émulsions et comment une exception apparente vient expliquer certains résultats anormaux.

Enfin, la quatrième partie sera consacrée à l'étude des modifications apportées par l'évolution de l'image latente à deux propriétés de l'image développée, celle de diffuser la lumière et celle de pouvoir être partiellement détruite par un affaiblisseur.

Ce travail a été fait au Laboratoire de Physique de la Faculté des Sciences de Marseille, sous la direction constante de M. Buisson, qui a bien voulu, pendant de nombreuses années, non seulement mettre à ma disposition les ressources de son laboratoire, mais encore consacrer une partie de son temps à me former à la recherche scientifique; qu'il me soit permis de lui exprimer ici ma profonde reconnaissance. Je suis également heureux d'adresser mes remerciements respectueux à M. Fabry, qui a bien voulu s'intéresser à mes recherches et m'aider de ses conseils.

PREMIÈRE PARTIE

OBJET DES RECHERCHES

CHAPITRE PREMIER

Généralités.

§ 1. Complexité des études de photographie. — L'image latente ne nous est accessible que comme le résultat d'une impression lumineuse déterminée ou comme l'antécédent d'une image développée particulière. Selon qu'on la considère sous l'un ou l'autre de ces deux aspects, que l'on nomme quelquefois image latente primaire et image développable, on peut lui faire correspondre telles ou telles grandeurs.

Sur une émulsion déterminée, la formation de l'image latente primaire est caractérisée par les grandeurs qui définissent l'action de la lumière : longueur d'onde, éclairement de la plaque impressionnée et durée d'exposition, cette dernière n'étant d'ailleurs parfaitement définie que si elle a lieu en une seule fois. La nature de l'émulsion intervient d'une manière très importante, mais si compliquée que l'on doit s'astreindre à ne faire des comparaisons précises qu'entre images obtenues sur une même plaque. L'influence de la longueur d'onde est très importante dans l'ultra-violet (g) mais le verre, à peu près toujours présent dans les montages, arrête cette partie du spectre, de sorte que le domaine spectral actif se réduit généralement aux radiations bleues et violettes, pour les émulsions dites ordinaires. On a cherché, sans y parvenir, à représenter par une seule variable les

actions de l'éclairement et de la durée de pose (loi de réciprocité, loi de Schwarzschild, formule de Krön, par exemple).

Au cours de l'obtention de l'image définitive, interviennent, non seulement les caractères de l'image latente que l'on révèle, mais encore les grandeurs caractérisant le développement et le fixage : nature et concentration des produits utilisés et température de la réaction. Les variations de ces diverses grandeurs agissent aussi d'une manière indirecte sur le produit final de la réaction, par suite de l'hétérogénéité du milieu où elles se produisent, en modifiant la vitesse de pénétration des éléments réducteurs dans l'émulsion.

L'image développée et fixée, qui traduit en définitive l'action de la lumière sur la plaque, est un amas de grains d'argent réduit. Sa masse difficilement mesurable ne la représenterait d'ailleurs pas complètement. On s'adresse pour la caractériser à ses propriétés optiques : ce sont celles d'un absorbant assez sélectif, qui par suite de sa structure discontinue diffuse la lumière d'une manière importante.

Rappelons tout d'abord quelques définitions valables pour une lame absorbante quelconque non diffusante. Soit F un flux incident de lumière monochromatique parallèle de longueur d'onde λ tombant normalement sur la lame considérée et f le flux transmis par cette lame ; on appelle opacité de la lame le rapport $\frac{F}{f}$. Il est généralement plus commode de considérer au lieu de l'opacité elle-même son logarithme dans le système décimal auquel on a donné le nom de densité optique ou plus simplement de densité. Un des avantages de la densité est, par exemple, de traduire d'une manière simple l'opération qui consiste à faire passer la lumière successivement à travers plusieurs écrans absorbants : la densité de l'ensemble de ces écrans est, comme il est facile de le voir, la somme des densités respectives de chacun d'eux.

Lorsque la densité d'un absorbant ne dépend pas de la longueur d'onde de la lumière utilisée, on dit que cet absorbant est neutre.

Les définitions de l'opacité et de la densité peuvent s'étendre au cas où l'absorbant considéré est une plaque photographique développée et fixée. Mais ici encore en dehors d'autres raisons de commodité (représentation graphique des lois du noircissement par exemple) la densité doit être préférée la plupart du temps à l'opacité ; elle est, en effet, plus significative au point de vue théorique, car elle est en première approximation proportionnelle à la masse d'argent réduit, au moins en ce qui concerne les émulsions à granulation uniforme.

Soit alors un flux de lumière monochromatique, arrivant normalement sur une plaque photographique développée et fixée, une portion de ce flux est réfléchi ou diffusée par la face antérieure de l'émulsion ou de son support, une autre est absorbée dans l'intérieur de la couche, une troisième la traverse, mais, seule, une partie de cette dernière reste comprise dans l'angle solide du faisceau primitif, le reste étant diffusé dans des directions voisines.

Dans les mesures, on néglige toujours la lumière réfléchi ou diffusée par la face antérieure de l'émulsion difficilement accessible, et d'ailleurs à peu près constante : elle se trouve ainsi assimilée à la lumière absorbée par l'image développée. Si on emploie un microdensitomètre utilisant des faisceaux étroits, comme l'appareil de Fabry et Buisson, par exemple (10), on recueille seulement le faisceau transmis suivant la direction incidente : on mesure ainsi ce que l'on appelle la densité en lumière parallèle, ou plus simplement la densité, de la plaque considérée. C'est à peu près cette densité qui intervient lorsqu'on fait une projection d'un cliché, comme par exemple au cours d'un agrandissement.

Si le faisceau émergent utilisé est d'angle suffisant, toute la lumière diffusée par la plaque à travers sa face postérieure

intervient; on définit ainsi la « densité efficace », quantité qui intervient, par exemple, lorsqu'on fait un report de cliché par contact. Cette quantité peut être mesurée par photographie ou par l'emploi de microdensitomètre à faisceaux larges.

On peut enfin définir ce que l'on appelle la densité en lumière diffuse. Pour éviter la mesure délicate du flux total diffusé, on tourne la difficulté tout en tenant compte en grande partie des propriétés diffusantes, en opérant comme suit : on interpose au contact et en avant de la plage à mesurer un verre opale, on mesure le flux normal qui traverse la plage dans ces conditions ; on admet ainsi qu'il y a une sorte de compensation entre le flux diffusé hors de la normale et que l'on ne recueille pas, et le flux diffusé à partir d'incidences obliques sous une émergence normale.

En résumé, le nombre des grandeurs qui interviennent en photographie est considérable ; la plus grande difficulté des recherches est d'éviter qu'une de ces grandeurs ne change de valeur accidentellement en cours d'expérience. Cela entraîne un certain nombre de précautions.

1° On ne fera porter les comparaisons que sur une même émulsion et même autant que possible que sur des points voisins de la même couche sensible.

2° Sauf, évidemment, dans le cas où ces variables feraient l'objet de l'étude entreprise, on laissera constantes les données qui caractérisent le développement. On développera même, si on le peut, simultanément les régions à comparer.

Les mesures devront comprendre toutes les autres grandeurs aussi bien celles qui interviennent au cours de l'exposition que celles qui caractérisent l'image développée.

§ 2. Evolution de l'image latente. — Il semble naturel d'admettre que deux impressions données, identiques, agissant sur deux portions voisines d'une même plaque, développées dans les mêmes conditions et même au besoin

dans le même bain et simultanément, donnent deux images définitives identiques.

Mais, lorsque les deux impressions identiques sont développées après des intervalles de temps différents, les densités des deux images obtenues ne sont pas égales : en général, la pose dont le développement a été le plus retardé donne naissance à la densité la plus grande.

Or, les deux actions de la lumière sur l'émulsion (formation de l'image latente) et du révélateur sur l'image latente (développement) sont sans aucun doute des actions définies. Deux impressions identiques donnent donc naissance à des images latentes identiques et deux images définitives différentes ne peuvent pas provenir de deux images latentes identiques.

Il est par suite commode de traduire le phénomène en question en disant que l'image latente évolue au cours du temps, sans chercher à discerner d'ailleurs l'image latente primaire de l'image développable.

Une quantité nouvelle s'introduit au cours de l'étude de cette évolution, « l'âge de l'image latente ». Pour que l'origine de cet intervalle de temps soit bien définie, j'ai opéré avec des poses courtes, de l'ordre de la seconde. D'autre part je rapporte généralement cet âge à l'époque du début du développement.

CHAPITRE II

Marche des expériences.

§ 1. **Méthode.** — Différentes régions très voisines d'un même morceau de plaque photographique sont exposées derrière un coin photométrique à des époques différentes, toutes pendant une même durée ininterrompue. Le coin reçoit un éclairement uniforme et constant. Il porte un écran percé de trous équidistants et alignés suivant une ligne de pente.

Le cliché développé et fixé porte un ensemble de plages impressionnées que l'on peut classer soit par rapport à l'époque de l'exposition, soit par rapport à l'éclairement reçu.

Dans chaque série d'impressions faites simultanément les diverses plages ne diffèrent entre elles que par l'éclairement qu'elles ont reçu. Chacune de ces séries comporte donc les éléments d'une courbe de graduation à durée de pose constante.

Dans chaque série d'impressions ayant reçu le même éclairement, les images ne diffèrent entre elles que par l'époque de l'exposition, autrement dit par l'âge de l'image latente au début du développement. Chacune de ces séries permet ainsi l'étude de l'évolution de l'image latente pour un éclairement déterminé.

Cette méthode de travail est très sûre : toutes les comparaisons y sont faites sur la même plaque et il est bien plus facile d'assurer la constance de la source que l'identité du développement. D'autre part, comme elle comporte l'étude simultanée de l'évolution en plusieurs points de la courbe

de graduation, on est certain d'utiliser, parmi les autres, l'éclairement le plus favorable à la mise en évidence du phénomène. Elle permet, de plus, de confronter avec sécurité les résultats obtenus pour plusieurs durées d'observation. Elle exige, par contre, que les conditions suivantes soient réalisées : constance de la source au cours du temps, constance de la durée de pose, éclairement uniforme du coin.

L'étude entreprise nécessite d'ailleurs, par elle-même, la prise en considération de trois autres conditions : identité des circonstances extérieures (température et humidité de l'air, par exemple) pour toutes les poses, égalité de sensibilité des divers points de la plaque et invariabilité de cette sensibilité au cours du temps. D'autre part les poses doivent être courtes, pour que leur époque soit bien définie, et faciles à réaliser, car il y a avantage à les multiplier dans l'intervalle de temps qui précède immédiatement le développement.

J'ai tenu compte de ces diverses conditions pour l'organisation des expériences de manière à pouvoir au moins contrôler l'influence de leur réalisation incomplète sur le degré de certitude des résultats.

§ 2. Dispositif expérimental. - Chaque cliché est exposé, développé et fixé dans un même local, une salle en sous-sol à murs très épais et plafond voûté; le milieu des expériences était ainsi isolé de l'extérieur et sa température, contrôlée à chaque pose, restait constante à un demi-degré près pendant plusieurs jours. Les plaques et les bains étaient conservés dans la salle ou y étaient apportés très à l'avance.

La source de lumière S (fig. 1) est une lampe Philips à arc au tungstène, allumée en alternatif sous 190 volts, et alimentée ensuite sous 2,5 ampères par une batterie de 80 volts de grande capacité. Cette source a l'avantage d'être

très peu sensible aux variations accidentelles de tension (12). Elle doit fonctionner sans interruption au cours d'une série d'expériences : elle est mise en marche au moins une demi-heure avant le commencement des expériences et l'intensité du courant est vérifiée avant et après chaque pose.

Pour assurer la constance des durées d'impression, j'utilise comme obturateur un pendule commandé magnétiquement, portant un écran e qui coupe le faisceau lumineux en une région où il est très étroit. L'époque du commencement et de la fin des expositions est ainsi, d'une part, bien définie et d'autre part la même pour tous les points de la surface éclairée. L'arrangement est le suivant.

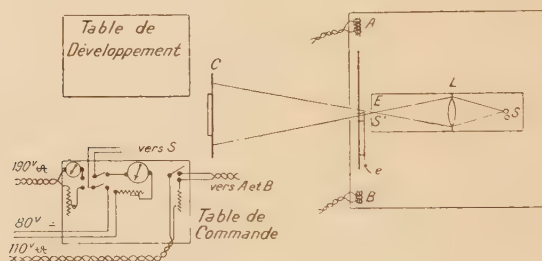


Fig. 1.

Les électrodes de la lampe sont deux petites boules dont les éclats sont très différents quand la lampe est alimentée en courant continu. La lentille L projette l'image S' de la plus brillante sur un écran d'aluminium E percé d'un trou rond légèrement plus petit que cette image et qui constitue l'une des parois d'une boîte opaque contenant la source et la lentille. Au delà de cet écran et aussi près que possible se trouve le pendule.

Le faisceau lumineux est arrêté par le bord de l'écran e lorsque le pendule est maintenu écarté de sa position d'équilibre par un des électro-aimants A . Au moment

des poses, on coupe le courant de cet électro-aimant : l'écran continue à masquer le faisceau jusqu'au moment du passage du pendule par la verticale, puis le démasque pendant une demi-période du pendule et vient se raccrocher dans sa position initiale au même électro-aimant, sur lequel on a remis le courant. L'amplitude maximum des oscillations est de 30° , il en résulte qu'au moment où le bord de l'écran traverse le faisceau soit à l'aller, soit au retour, sa vitesse linéaire est de 6 m./sec. ; le faisceau ayant 2 mm. de diamètre à l'endroit où il est coupé, la lumière est interrompue ou rétablie en $1/3000^{\text{e}}$ de seconde environ. La demi-période du pendule (durée de la pose) est selon le réglage de 0,7 sec. ou de 1,22 sec.

Le pendule et la boîte contenant la source sont placés dans une sorte de cabine en papier noir, dont la paroi antérieure, très proche du pendule, est percée d'un trou de 2 cm. Normalement à l'axe du faisceau se trouve le porte-châssis C derrière lequel on peut déplacer la plaque et auquel est fixé le coin photométrique. Ce dernier est généralement un coin carré en verre neutre, taillé par Jobin ; sa densité varie de 0 à 3 sur une longueur de 3 cm. et sa largeur est assez grande pour permettre la simultanéité de plusieurs poses. Le cache qui le précède est une feuille de clinquant mince percée de 15 rangées de 15 trous de 2 mm. de diamètre, distants entre eux de 2 mm. dans la direction des côtés du coin. La position de cette feuille de clinquant par rapport au coin est soigneusement vérifiée, en cours de montage (13). Devant le coin peut se placer un volet muni d'une ou plusieurs fentes parallèles à la ligne de pente du coin et qui permettent d'utiliser simultanément le nombre de rangées de trous que l'on désire.

Enfin deux tables très proches du porte-châssis supportent, l'une les appareils de contrôle et de commande, l'autre le matériel de développement.

§ 3. **Importance et contrôle des causes d'erreurs.** — Le pendule étant dans sa position d'obturation, l'absence de lumière est complète (voile maximum de 0,05, au bout d'une heure d'exposition). Le coin est éclairé uniformément sur toute sa surface, dès qu'il est placé à plus de 50 cm. du trou éclairant (source quasi-ponctuelle donnant peu de pénombre), ses petites dimensions rendant d'ailleurs négligeables les effets de la loi du carré des distances.

La diaphragmation du faisceau par les trous de l'écran de clinquant n'apporte, de plus, aucune perturbation.

J'ai vérifié que les irrégularités de développement ou le manque d'homogénéité de la plaque ne causaient pas des variations de densité supérieures à 0,03, étant données les petites dimensions (15×30 mm. en général pour six courbes de graduation complètes d'âges différents) des clichés utilisés. D'ailleurs, j'ai contrôlé fréquemment l'homogénéité des plaques sur les clichés d'étude eux-mêmes, en intercalant entre les poses d'expérience des poses simultanées faites plusieurs heures auparavant; cette pratique conduisant à augmenter la surface d'émulsion utilisée, je me suis contenté très souvent de disposer les poses de manière que leur ordre de succession sur la plaque diffère de leur ordre chronologique.

§ 4. **Obtention des clichés.** — Mon étude a porté principalement sur des plaques ordinaires (Jougla grands instantanés, Lumière extra-rapide, Lactates Guilleminot); leur domaine de sensibilité spectrale étant réduit vers les grandes longueurs d'onde et l'appareillage comportant du verre, je me suis contenté d'utiliser de la lumière blanche. Pour les plaques panchromatiques que j'ai employées (Paget Prize panchromatic et Ilford panchromatic) j'ai filtré la lumière avec des verres colorés.

Toutes les opérations sont faites d'après un horaire préalablement établi, pour que diverses manipulations relatives à

plusieurs clichés ne se chevauchent pas. D'une pose à la suivante on déplace soit (le plus souvent) le volet devant le coin, soit le châssis dans ses glissières.

Je donnerai au moment voulu, la composition des bains de développement utilisés : l'horaire est observé pour le développement, le fixage et même le lavage intermédiaire ; les clichés sont mis à sécher à l'abri des poussières et en l'absence de toute circulation d'air.

Etant données la situation et la construction du local, la température contrôlée fréquemment est la même pendant toute la durée d'obtention d'un cliché. D'un cliché à un autre, à quelques jours de distance, elle ne varie guère que d'un demi-degré.

§ 5. *Etude des clichés.* — J'ai pris comme caractère fondamental de l'image développée sa densité en lumière parallèle mesurée au microdensitomètre de Fabry et Buisson (11). Les plages photométriques utilisées ont 0 mm. 2 de diamètre. Les pointés successifs d'une même plage diffèrent rarement avec cet appareil de plus de 0,02, même pour des densités élevées. Je me suis rendu compte en étudiant en détail un de mes clichés, par exemple par enregistrement de ses transparences (13) que, malgré le gradient élevé de la densité du coin, le centrage de la plage dans le champ de l'appareil n'amène pas d'erreur supérieure à 0,01 sur la densité de l'image développée ; de plus les effets nuisibles produits par la diffusion de la lumière dans l'émulsion au cours de la pose ou l'irradiation sont très efficacement combattus par l'utilisation devant le coin du cache percé de trous.

§ 6. *Précision des mesures.* — Il résulte d'une discussion plus complète, que lorsque les mesures de densité de deux plages d'un même cliché, impressionnées par le même éclairement, diffèrent entre elles de plus de 0,06 on ne peut

attribuer cette différence ni au manque de constance ou d'uniformité de l'éclairement, ni à des irrégularités de sensibilité ou de développement, ni à des erreurs de mesure sur la densité, ni même à la superposition de ces diverses causes d'erreurs.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE DE L'ÉVOLUTION SUR LA PLAQUE JOUGLA

CHAPITRE III

Résultats pour une durée de pose déterminée.

§ 1. Début de l'évolution. — Je vais étudier dans le présent chapitre l'effet de l'évolution de l'image latente sur la densité en lumière parallèle de l'image définitive. Au cours de cette partie de mes recherches, les plaques, exposées comme je l'ai indiqué au chapitre précédent, étaient développées pendant 10 minutes dans un révélateur ayant la composition suivante : eau : 1 000 ; métol : 5 ; hydroquinone : 4 ; carbonate de sodium anhydre : 50 ; sulfite de sodium anhydre : 50 ; bromure de potassium : 2.

1. *Variation de la densité pour une exposition normale.*

— L'allure du phénomène dépend de la position du point représentatif de la densité sur la courbe de noircissement et de la durée pendant laquelle on laisse se poursuivre l'évolution. Toutefois, pour la région d'exposition normale, la variation de la densité est toujours un accroissement lorsque la durée d'observation est limitée aux premières heures qui suivent l'exposition. C'est ce cas, de beaucoup le plus important, que nous allons étudier d'abord et que l'on peut considérer comme donnant l'allure normale de l'évolution.

L'exemple suivant, limité à l'exposition normale, va fixer l'ordre de grandeur de l'accroissement de densité observé.

TABLEAU I

Âges des poses	6 h. 34	5 h. 53	5 h. 35	4 h. 9	2 h. 24	47 m.	22 m.	4 m.	66 sec.
Densités du coin	Densités de la plaque								
0,40	2,76	2,76	2,68	2,63	2,65	2,59	2,51	2,40	2,35
0,60	2,19	2,19	2,20	2,10	2,09	2,03	2,06	1,98	1,88
0,80	1,57	1,57	1,63	1,57	1,59	1,61	1,56	1,50	1,45
1,00	1,20	1,20	1,23	1,18	1,22	1,22	1,19	1,16	1,17

Chacune des densités inscrites sur une même ligne horizontale caractérise l'état d'une même image latente à des âges variés. On voit que tout se passe comme si l'action de la lumière se poursuivait après l'exposition. Cette manière de résumer les résultats est commode, mais ne correspond sans doute pas à la réalité.

Les clichés obtenus dans les conditions du présent chapitre (au nombre d'une quarantaine) mettent tous en évidence à des degrés analogues un accroissement de la densité, lorsqu'on passe d'une pose faite immédiatement avant le développement à une pose plus âgée de quelques heures. La différence de densité est considérable et peut atteindre 0,60.

Le tableau précédent montre que la plus grande partie du phénomène se passe dans les premières minutes qui suivent l'exposition. Puis, la vitesse de l'accroissement de densité est moins rapide et devient même très faible, lorsque l'évolution est très avancée.

Pour divers groupes de poses séparées par un même intervalle de temps, la différence de densité observée est, soit considérable, soit de l'ordre de grandeur des erreurs de mesure, selon que l'époque du développement est plus ou moins

voisine des époques d'exposition. Pour étudier l'évolution, on a donc intérêt, comme je le fais, à développer les clichés immédiatement après la pose la plus récente.

L'allure du phénomène suggère de le représenter graphiquement en portant en ordonnées les diverses densités correspondant à un même éclairement et en prenant pour les âges portés en abscisses une échelle logarithmique. C'est ce que j'ai fait sur la figure suivante, qui traduit la variation de l'une des densités du cliché cité (fig. 2).

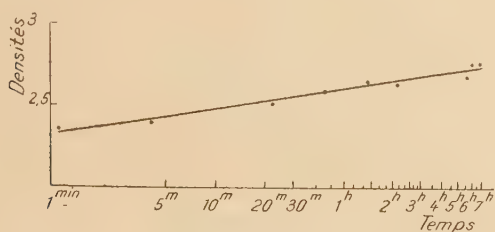


Fig. 2.

Pour tous les clichés, on constate que les graphiques obtenus sont des droites.

Autrement dit, la densité varie au cours de l'évolution proportionnellement au logarithme de l'âge de l'image latente.

Cette loi, que j'avais indiquée (14) en 1929, a été depuis, de 1930 à 1932, confirmée par R. Bullock (15 à 18) qui a employé pour l'exprimer, les notations de la formule suivante :

$$D_t = D_0 + j \log t.$$

D_t désignant la densité obtenue pour un délai égal à t entre l'exposition et le début du développement et D_0 une constante qui se trouve représentée par la valeur de la densité, lorsque t est égal à l'unité de temps.

Le coefficient j est évidemment indépendant de l'unité de temps adoptée, puisque l'on a pour les âges t et t' :

$$D_{t'} - D_t = j \log. \frac{t}{t'} ;$$

il est proportionnel à la pente de la droite et indique l'augmentation de densité lorsque le temps devient décuple.

Sur l'émulsion Jouglà (bande mauve) j peut atteindre la valeur 0,20 ; c'est-à-dire que la densité peut varier de 0,20 lorsqu'on compare deux poses dont l'une est dix fois plus âgée que l'autre.

Il ne saurait évidemment être question d'appliquer la formule précédente pour des valeurs de t trop voisines de zéro, elle n'aurait plus alors aucun sens physique. J'ai pu constater dans mes expériences qu'elle était encore valable pour les valeurs les plus faibles que j'ai utilisées : 10 secondes environ. Cela ne prouve pas d'ailleurs que l'évolution de l'image latente ait pour durée effective le laps de temps t (âge de l'image latente au début du développement). La forme de la loi précédente montre seulement que ces deux durées ne diffèrent probablement pas entre elles de plus de quelques secondes. Les poses que j'ai employées étant de l'ordre de la seconde, la faible valeur de cette différence indique que l'évolution cesse de se produire à peu près dès le début du développement.

2. *Variation de l'évolution le long de la courbe de noircissement.* — J'ai rappelé au cours de la première partie que les comparaisons entre images développées devaient être faites uniquement sur des régions voisines de la même plaque, pour diminuer autant que possible l'influence des variations de propriétés de l'émulsion. Les recherches que j'ai faites ont duré plusieurs années, elles ont nécessité un grand nombre de clichés (environ 200, dont plus d'une centaine pour les seules plaques Jouglà); dans ces conditions, les plaques employées, bien que de même dénomination, ne

pouvaient être identiques : celles correspondant au même numéro d'émulsion avaient subi les effets de la conservation ; les autres différaient fatalement dans leur fabrication, puisqu'un des constituants de l'émulsion, la gélatine ne peut jamais être exactement reproductible et que d'ailleurs la technique de la préparation subit au cours du temps de fréquentes modifications.

Néanmoins, en ce qui concerne la majeure partie de la courbe de noircissement, les résultats sont toujours parfaitement comparables : le phénomène est le même dans toutes les expériences, seule sa grandeur présente quelques variations. Il n'en est pas toujours ainsi pour les régions de cette même courbe voisines du seuil ou de la saturation.

L'importance de l'évolution dépend énormément de l'impression lumineuse reçue par la plaque. Elle est maximum pour la partie moyenne de la courbe caractéristique et diminue beaucoup d'importance lorsqu'on s'en écarte. Elle devient même si faible au voisinage du seuil et de la saturation qu'il faut multiplier les poses faites sur le même cliché et les rapprocher dans le temps pour la mettre parfaitement en évidence.

Pour tous les clichés étudiés, la variation de la densité reste proportionnelle au logarithme de l'âge de l'image latente. Pour la plupart d'entre eux cette variation est un accroissement quel que soit l'éclairement considéré : c'est cette allure de variation que nous qualifions de normale et dont on peut voir un exemple sur la figure 3, qui représente l'ensemble des « courbes d'évolution » d'un même cliché.

On peut résumer par une seule courbe le graphique précédent. C'est ce que j'ai fait sur la figure 4. La courbe continue donne les valeurs du coefficient j en fonction du logarithme des éclaircissements ; la courbe discontinue indique, pour le point milieu de chacun des intervalles d'éclairement utilisé, la valeur du gamma moyen dans cet intervalle, calculée directement à partir des densités mesurées sur la pose

la plus ancienne. Ces deux courbes ont même allure ; on

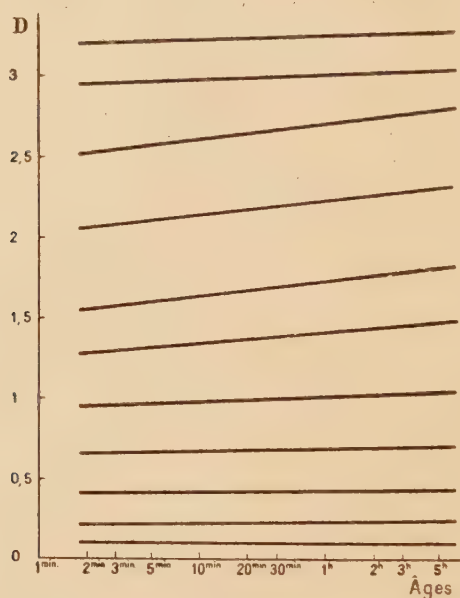


Fig. 3.

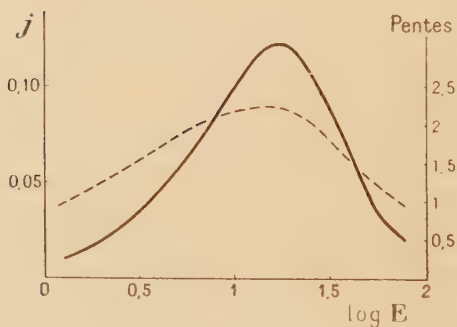


Fig. 4.

pourrait chercher à représenter les valeurs de j en fonction de γ ; mais ces grandeurs ne sont pas données directement

par l'expérience et les résultats que l'on obtiendrait ainsi risqueraient de n'avoir pas grand sens.

Alors que pour la région moyenne de la courbe de noircissement tous les clichés sont en accord, un très grand nombre d'entre eux n'entre pas dans la catégorie précédente pour les densités voisines du seuil ou de la saturation. Pour ces clichés l'évolution de l'image latente se traduit dans les régions extrêmes de la courbe de noircissement par une diminution de la densité de l'image développée.

Dans la zone de saturation, les mesures de densités sont pénibles, d'autre part l'emploi de cette zone est très rare,

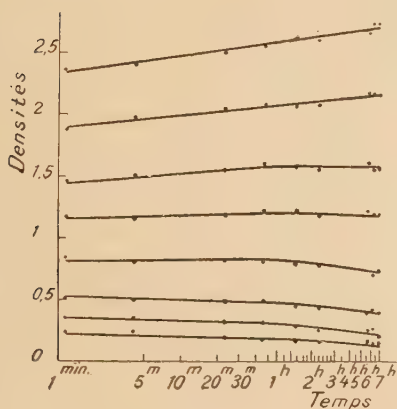


Fig. 5.

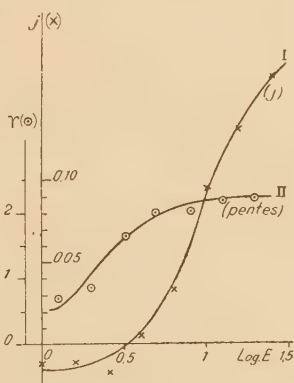


Fig. 6.

aussi bien en pratique qu'au laboratoire, enfin l'irradiation due aux plages voisines peut rendre les résultats discutables, aussi n'ai-je fait que peu d'expériences.

Mais, en ce qui concerne le seuil, les résultats sont beaucoup plus nombreux et plus sûrs. Les figures 5 et 6 en donnent un exemple; elles comportent les mêmes sortes de courbes que les figures 3 et 4. La valeur de l'éclairement unité est la même pour les deux clichés.

Cette allure anormale du phénomène a été rarement

constatée par d'autres auteurs; nous en verrons d'autres exemples dans la troisième partie, nous pourrions même nous rendre compte que pour certaines émulsions elle est habituelle. Je n'ai par conséquent aucune raison de mettre en doute la réalité de cette régression de la densité au cours de l'évolution, bien qu'elle ait été considérée comme discutable.

3. *Déformations de la courbe de noircissement.* — Nous venons de voir que les variations de densité créées par l'évolution sont fonction de l'éclairement reçu par la plaque.

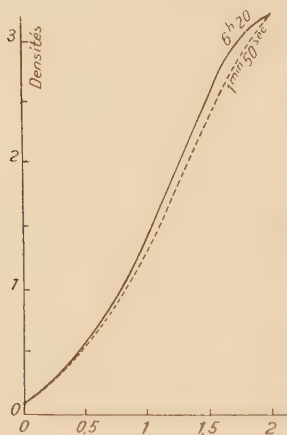


Fig. 7.

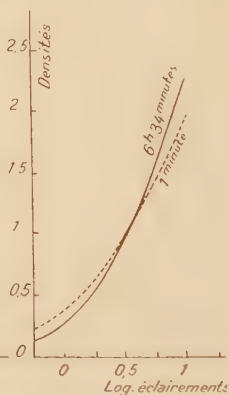


Fig. 8.

Il n'en résulte pas forcément que les courbes de noircissement relatives à des images latentes d'âges différents n'aient pas la même forme. Il est donc intéressant de préciser le phénomène en construisant effectivement la courbe de noircissement pour divers âges de l'image latente.

La position relative des courbes correspondant à des âges différents n'est évidemment pas la même selon que le cliché considéré présente ou non une régression pour les faibles

densités. Mais en ce qui concerne la forme de la courbe tous les clichés donnent les mêmes résultats.

Le coefficient de contraste est plus élevé pour une pose ancienne que pour une pose récente au moment du développement et les variations de courbure sont moins accusées dans ce dernier cas. Les courbes ne sont d'ailleurs jamais superposables par une translation parallèle à l'axe des éclairagements.

Ces déformations ont été constatées par E. R. Bullock et Ph. C. Keenan (19) postérieurement à ma publication de 1929. Les deux figures 7 et 8 sur lesquelles les courbes correspondant aux images latentes jeunes sont tracées en pointillé, montrent deux exemples des aspects que l'on peut obtenir.

§ 3. Etude de l'évolution sur une longue durée. — 1. *Allure du phénomène.* — Bien qu'il ne s'agisse toujours que de plaques de même dénomination, ici encore, les clichés se partagent en deux groupes.

Pour un certain nombre d'entre eux, l'augmentation de noircissement, très lente il est vrai, se poursuit encore au bout de plusieurs jours : la densité n'augmente guère alors que de quelques centièmes par jour, mais varie toujours proportionnellement au logarithme des âges, même pour des durées de l'ordre de 100 heures. Autrement dit l'allure du phénomène reste normale.

Mais pour la plupart des clichés étudiés un maximum de densité est atteint au bout de quelques heures. La densité décroît ensuite de quelques centièmes puis semble se stabiliser. L'époque du maximum varie d'ailleurs selon le point considéré de la courbe de noircissement à peu près comme l'importance de l'évolution : le maximum étant atteint d'autant plus tard que la valeur de j est plus grande. Pour un même éclairage, la position de ce maximum est d'ailleurs variable d'un cliché à un autre, l'évolution pouvant

exceptionnellement cesser d'être normale au bout de moins d'une heure.

2. *Importance des causes d'erreurs.* — Il faut remarquer que l'étude de l'évolution devient d'autant plus difficile que la durée de l'observation se prolonge davantage. Bien des causes d'erreurs sont, en effet, favorisées par cette durée et, en particulier, toutes celles pouvant provenir d'une modification lente des conditions d'expérience (altération des plaques par exemple). D'autre part, les différences de densité à déterminer deviennent rapidement très faibles.

Pour une évolution moyenne correspondant à une valeur de j égale à 0,10, il suffira dans les débuts de l'évolution de comparer deux poses faites à moins de deux heures d'intervalle, pour pouvoir constater une variation de densité de 0,20, si le cliché est développé une minute après la pose récente. Pour constater la même variation de densité après la première journée d'évolution, il faudra comparer deux poses faites à 99 jours de distance. On ne peut évidemment, dans le deuxième cas, accorder une grande confiance à l'efficacité de précautions qui suffisaient à assurer la constance des conditions d'expérience dans le premier.

Pour augmenter la sécurité des résultats la plupart des clichés consacrés à cette partie de mon étude ont été faits, soit en encadrant les poses d'étude par des poses de contrôle faites très à l'avance, soit, le plus souvent, en entrecroisant les poses de manière à ce que leur ordre sur le cliché soit différent de leur ordre chronologique.

3. *Discussion de l'existence d'un maximum.* — L'existence du maximum avait été constatée qualitativement par F. C. Brush en 1910 (1), puis quantitativement par moi-même en 1929 (14) et par E. R. Bullock en 1930 (15), (16) et 1932. Mais de même que les miens les résultats de ce dernier observateur sont variables et nous n'avons pu ni l'un ni l'autre reproduire à coup sûr ce maximum. Il me paraît cependant hors de doute qu'il ne peut être attribué à une

erreur d'expérience ; il ne pourrait, en effet, provenir d'un accroissement momentané de l'intensité lumineuse, puisqu'il ne se produit pas au même instant pour tous les éclaircissements. Il est également difficile de lui donner pour cause des irrégularités de sensibilité de la plaque, étant donné l'entrecroisement des poses sur mes clichés. D'autre part, il convient de signaler que M. Blau (20) a constaté la présence d'un maximum pour la courbe traduisant l'évolution de l'image latente créée par les rayons α . Il resterait à décider si l'accroissement de densité qui précède le maximum et la régression qui le suit sont attribuables à la même cause, ou si on a affaire à la superposition de deux phénomènes différents ne variant pas de la même manière au cours du temps.

§ 4. Résumé. — 1. *Existence de l'évolution.* — Les comparaisons dont nous venons d'exposer les résultats ont été faites entre les mesures de densité de deux plages d'un même cliché provenant d'images latentes distinctes, créées à des instants différents, mais par des impressions lumineuses que nous avons cherché à rendre aussi identiques que possible. Nous avons eu à enregistrer entre ces mesures des différences généralement supérieures à 0,10 et pouvant même dépasser 0,60. Or, la discussion de la fin du chapitre précédent nous a permis d'assigner un maximum de 0,06 aux écarts que peuvent présenter les mesures de densité lorsqu'elles portent sur des plages provenant d'images latentes distinctes, mais identiques et créées simultanément. En fait, d'ailleurs, chacune des diverses courbes (d'évolution ou de noircissement) ne s'écarte guère que de 0,03 des points expérimentaux ayant servi à la tracer. Nous sommes donc en droit de conclure que les deux images latentes comparées ne sont pas identiques.

Il nous reste à envisager si cette non-identité ne pourrait être attribuée à une cause autre que l'évolution de l'image

latente au cours du temps, par exemple à une diminution continue de la sensibilité de l'émulsion entre les poses. L'allure des résultats écarte cette hypothèse, puisqu'il suffit de développer assez longtemps après la dernière pose pour que toutes les poses soient identiques.

D'autre part, les modifications de la courbe de noircissement ne peuvent s'expliquer par une variation accidentelle de l'éclat de la source, puisque deux courbes, correspondant à deux âges différents de l'image latente, ne sont pas superposables par une translation parallèle à l'axe des logarithmes des éclairagements.

On peut donc considérer comme bien établi que l'image latente évolue au cours du temps.

2. *Allure normale de l'évolution.* — Pour un intervalle d'éclairagements correspondant à la presque totalité de la courbe de noircissement et pour des durées pouvant atteindre quelques heures, l'évolution se traduit sur la plaque Jouglà (bande mauve) par un accroissement de la densité proportionnel au logarithme de l'âge de l'image latente, ce qui constitue l'allure normale de l'évolution.

En dehors de ces limites, le phénomène se complique et la variation de densité n'est plus toujours un accroissement.

Dans les chapitres suivants, je bornerai souvent mon étude à des intervalles d'âges et d'éclairagements, pour lesquels l'évolution a cette allure normale.

CHAPITRE IV

Influence du développement.

§ 1. **Marche des expériences.** — 1. *Domaine.* — L'influence du développement sur la manifestation de l'évolution a été signalée et partiellement étudiée par E. R. Bullock (17). J'ai repris cette question selon la méthode générale indiquée chapitre II. J'ai fait porter mes recherches sur l'effet de la durée de développement pour un bain ne contenant comme révélateur que du métol et ayant la composition suivante ;

Eau, 1.000 ; métol, 10 ; sulfite de soude anhydre, 50 ; carbonate de sodium anhydre, 50.

J'ai employé ensuite un bain à l'hydroquinone de même composition relative que le précédent. Ces deux bains avaient l'avantage de contenir le nombre minimum de corps compatible avec une bonne conservation, mais l'absence de bromure leur donnait une tendance gênante à produire des voiles considérables. J'ai vérifié que les résultats qu'ils m'avaient fournis étaient encore valables pour des révélateurs analogues mais contenant du bromure de potassium.

L'étude a été faite sur plaque Joula (grands instantanés) pour une durée d'exposition de 1,22 sec. en divers points de la courbe de noircissement.

2. *Mode opératoire.* — Je précise le mode opératoire dans le cas actuel. Il s'agit, non seulement d'observer l'évolution pour des modes de développement variés, mais encore de comparer les résultats obtenus pour chacun d'eux. Toutes les conditions d'obtention des clichés doivent donc être les mêmes, sauf évidemment en ce qui concerne le développement.

Les comparaisons portent sur les clichés d'un même groupe de quatre, impressionnés de la manière suivante : le

coin photométrique est précédé d'un cache portant seulement quatre lignes de trous, les trous de même numéro d'ordre de chacune de ces lignes découvrant sur le coin des plages de même densité. Une même plaque, divisée en quatre parties par trois traits de diamant, est placée dans un châssis, qui coulisse derrière le coin. Pour chaque position du châssis les quatre portions de la plaque reçoivent au même instant des impressions égales. Par déplacement du châssis, on effectue sur chacune d'elles une série d'impressions identiques, mais échelonnées dans le temps. Au moment de la mise en châssis, on a eu soin pour faciliter les manipulations de ne couper que le verre de la plaque. Les quatre morceaux restent réunis par la couche sensible jusqu'après achèvement des poses.

Les morceaux sont alors déposés simultanément soit dans une même cuvette, soit dans deux cuvettes séparées, selon que l'on se propose d'étudier les influences soit de la durée, soit de la nature du développement. Ils sont retirés du révélateur, lavés et fixés à des époques convenables. Les bains sont toujours employés en quantité suffisante pour que leur composition puisse être considérée comme invariable au cours de la réaction.

La température du développement est la même pour tous les clichés d'un même groupe et, en général, voisine de 18°.

La méthode est correcte à la seule condition que le cache soit convenablement placé. Pour éviter toute erreur, j'ai utilisé aussi une série de clichés auxiliaires, obtenus par exposition à travers la même ligne de trous : les impressions ne sont pas alors faites à la même époque sur chacun des clichés, mais la valeur du coefficient de l'évolution, j , peut être déterminée indépendamment sur chacun d'eux pour les divers éclaircissements.

3. *Traduction des résultats.* — Comme précédemment, je caractérise une image latente par la densité en lumière parallèle de l'image développée correspondante ; autrement

dit, l'évolution de l'image latente se trouve traduite par les différences de densité des images définitives de même origine.

Nous avons vu que, pour un développement déterminé, l'importance de l'évolution varie avec l'éclairement reçu par la plaque, de sorte qu'on ne peut la caractériser par un nombre unique le long de la courbe de noircissement. De plus, cette variation ne paraît liée simplement, ni à l'éclairement qui crée l'image latente, ni à la densité de l'image définitive. Or, pour divers développements, un même éclairement donne naissance à des densités très différentes : la traduction des résultats sera par conséquent très compliquée. Je devrai donc me contenter de représentations graphiques.

§ 2. Résultats. — 1. *Effet de la durée de développement pour le révélateur au métol non bromuré.* — Quelle que soit la durée de développement utilisée les courbes d'évolution (densité en fonction du logarithme de l'âge de l'image latente) restent des droites.

Voici, par exemple, figure 9, les courbes d'évolution pour un groupe de quatre clichés développés respectivement 2, 3, 6 et 12 minutes sur lesquels les âges extrêmes des poses sont 9 heures 20 et 30 secondes. Les nombres portés sur les droites indiquent le logarithme des éclairnements correspondants, l'éclairement unité étant le même dans les quatre cas. Comme on le voit, la pente de ces droites, c'est-à-dire la valeur de j correspondant à une même valeur de l'éclairement passe d'abord par un maximum lorsque la durée du développement croît et devient ensuite très faible lorsqu'on prolonge suffisamment cette durée ; le maximum correspond à la durée optimum de développement de E. R. Bullock. Cette durée n'est pas la même pour tous les éclairnements, de sorte que si on représente la variation de j en fonction du logarithme de la durée de développement, on obtient un réseau enchevêtré de courbes (fig. 10).

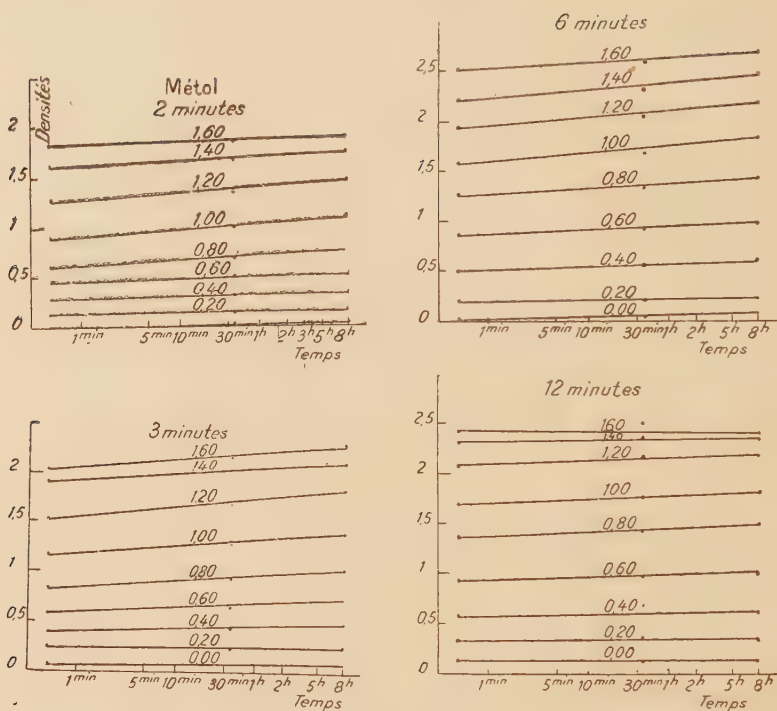


Fig. 9

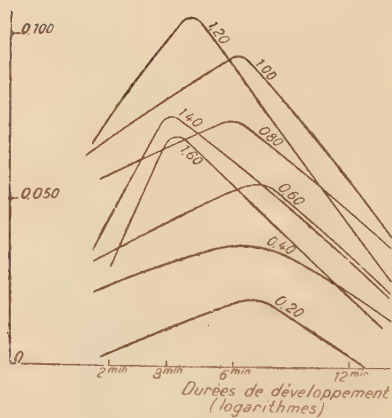


Fig. 10.

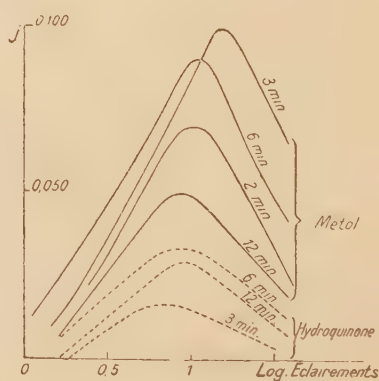


Fig. 11.

Les résultats ne s'expriment pas d'une manière plus simple si on cherche à représenter les variations de j en fonction du logarithme de l'éclairement, pour diverses valeurs de la durée de développement; on obtient alors les courbes de la figure 11 (traits pleins) correspondant à chacune des durées étudiées. On voit que la valeur de l'éclairement pour lequel l'évolution est la mieux marquée dépend de la durée pendant laquelle on laisse agir le révélateur.

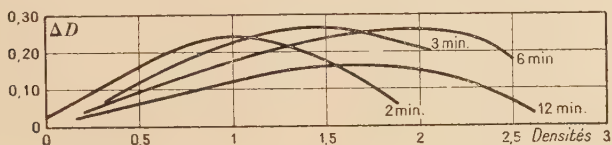


Fig. 12.

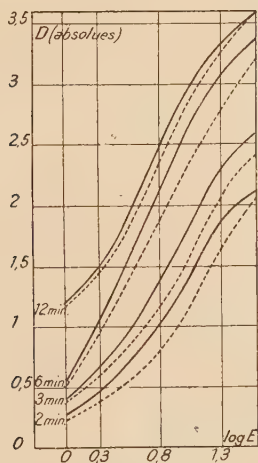


Fig. 13.

Si on avait représenté les variations de la densité en fonction de cette densité elle-même, le graphique obtenu aurait été tout aussi compliqué comme on peut le voir sur la figure 12, sur laquelle j'ai porté en abscisses les densités (par rapport au fond) de la pose la plus jeune de chaque

cliché. L'accroissement relatif de la densité présente d'ailleurs, lui aussi, un maximum en fonction de la durée de développement.

J'ai tracé sur la figure 13 les deux courbes de noircissement correspondant aux images latentes la plus jeune et la plus âgée pour chaque durée de développement. Le voile donné par le révélateur au métol non bromuré devenant très important pour des durées de développement un peu longues, ce sont les densités absolues qui ont été portées en ordonnées. On remarquera la forme très tendue des courbes obtenues pour une durée de 6 minutes : c'est d'ailleurs pour cette durée que la variation du coefficient de contraste moyen au cours de l'évolution est la plus grande.

Au point de vue des applications photométriques, la quantité intéressante est, en définitive, l'erreur que l'on commettrait au cours de la mesure d'un éclaircissement en négligeant les effets de l'évolution, c'est-à-dire en considérant que, pour deux poses d'âges différents, la loi de noircissement est la même. Supposons que les clichés précédents aient été utilisés à faire une telle mesure, par exemple à contrôler la constance de la source de lumière, en reportant sur une courbe de graduation âgée de 9 heures la densité obtenue en exposant la plaque 30 secondes avant le développement à travers un écran déterminé. On aurait alors commis sur l'éclaircissement les erreurs relatives qui sont inscrites dans le tableau II dans lequel la valeur de la densité de l'écran utilisé occupe la dernière ligne.

TABLEAU II

Développement	Erreurs relatives sur l'éclaircissement						
2 minutes . . .	0,13	0,20	0,26	0,31	0,28	0,28	0,26
3 minutes . . .	0,07	0,17	0,22	0,23	0,26	0,31	
6 minutes . . .	0,09	0,15	0,17	0,24	0,31	0,34	0,32
12 minutes . . .	0,02	0,06	0,09	0,15	0,17	0,20	0,20
Densités de l'écran.	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2

On constate sur ce tableau : 1^o Que les erreurs relatives ne sont pas constantes pour une durée de développement déterminée ; 2^o Que, dans l'ensemble, ces erreurs diminuent lorsqu'on augmente la durée de développement.

2. *Cas de l'hydroquinone non bromurée.* — Les résultats précédents montrent que l'effet de l'évolution de l'image latente sur la densité de l'image développée dépend énormément du développement. Il était donc intéressant de chercher si un révélateur convenable ne diminuerait pas suffisamment cet effet pour le rendre négligeable en photométrie photographique. Le révélateur à l'hydroquinone remplit ce rôle. Il se comporte d'une manière analogue au précédent en ce qui concerne l'effet de la durée de développement sur les diverses manifestations de l'évolution, mais les différences de densité qu'il permet de constater sont beaucoup plus faibles. Voici, par exemple, les résultats d'un groupe de clichés relatifs aux mêmes âges extrêmes (9 h. 20 min. et 30 sec.) que le groupe étudié avec le révélateur au métol. La figure 14 représente les courbes d'évolution pour divers éclaircissements et diverses durées de développement. La figure 15 donne les différences de densité observées en fonction de la densité par rapport au fond de la pose la plus récente : on la comparera à la figure 20. Enfin, j'ai tracé sur la figure 11 elle-même en trait discontinu la valeur de j en fonction du logarithme de l'éclaircissement pour trois durées de développement à l'hydroquinone.

3. *Comparaison directe des deux révélateurs.* — Pour contrôler la grande différence d'aptitude du métol et de l'hydroquinone à manifester l'évolution, j'ai comparé directement leurs effets par une troisième série d'expériences, dans lesquelles les clichés de chaque groupe de quatre étaient développés simultanément, deux au métol pendant deux temps différents, deux à l'hydroquinone pendant les deux mêmes durées. Les résultats obtenus sont entièrement en accord avec les précédents ; ils indiquent de plus que,

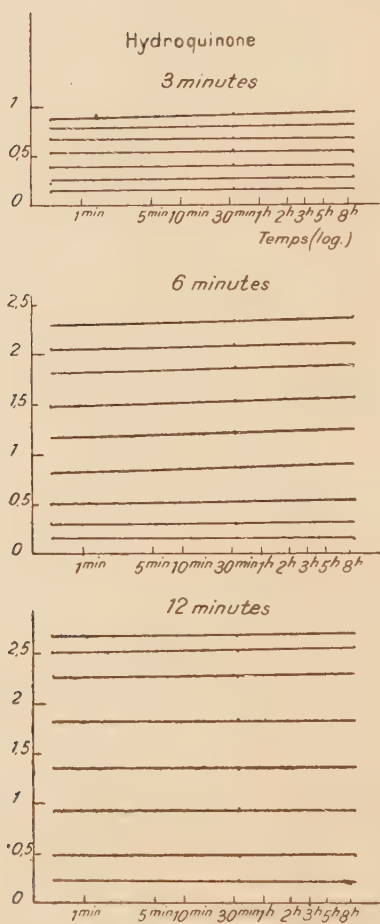


Fig. 14.

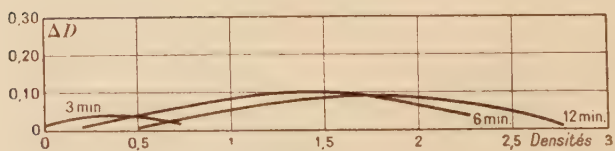


Fig. 15.

même si les deux développements sont conduits de manière à donner le même coefficient de contraste, ils sont loin de donner le même coefficient d'évolution.

4. *Bains bromurés.* — L'adjonction de bromure à raison de 0 g. 5 par litre aux deux révélateurs précédents ne modifie pas les résultats d'une manière importante et a le grand avantage d'affaiblir considérablement le voile de fond des clichés.

J'ai comparé, par la méthode de l'alinéa précédent, les deux bains ainsi obtenus. La figure 16 montre à quel point

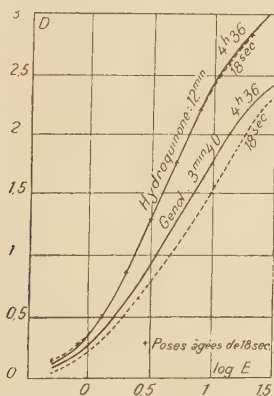


Fig. 16.

le révélateur à l'hydroquinone bromurée, agissant pendant assez longtemps, peut atténuer les effets de l'évolution. Elle est relative à deux morceaux voisins de la même plaque ayant reçu aux mêmes instants, les mêmes impressions (donc identiques avant le développement) et représente les courbes de graduation obtenues en développant l'un d'eux pendant 12 minutes à l'hydroquinone bromurée, l'autre pendant 3 minutes 40 secondes au métol bromuré.

§ 4. *Intérêt des résultats.* — 1. *Atténuation de l'évolution en photométrie photographique.* — L'emploi d'un révéla-

teur à l'hydroquinone, ayant la composition de celui que j'ai utilisé, permet de négliger les effets de l'évolution sur la densité en lumière parallèle même si on développe le cliché immédiatement après la dernière des poses à comparer. Il suffit de développer longuement, pratique d'ailleurs avantageuse en photométrie, car elle augmente le coefficient de contraste. Dans un cas aussi exceptionnel en photométrie que celui auquel est relatif la figure 16, les erreurs que l'on peut ainsi commettre sont de l'ordre des erreurs d'expérience et atteignent rarement 2 o/o. Elles atteindraient 45 o/o avec le révélateur au métol.

2. *Contrôle des expériences.* — La remarque de l'alinéa précédent m'a permis un contrôle direct, très efficace de la constance des conditions extérieures en cours d'expérience; il me suffisait d'impressionner en même temps que le cliché d'étude un cliché de contrôle destiné à être développé très longuement à l'hydroquinone.

3. *Connaissance de l'image latente.* — Si on considère le tableau II de la page 32, on constate que deux impressions inégales et d'âges différents, telles qu'elles donneraient la même densité pour une certaine durée de développement, donneront des densités inégales pour une autre durée. Par exemple, deux éclaircissements différant de 26 o/o, agissant aux époques 30 secondes et 9 heures, sur une plaque destinée à être développée à 9 h. 30 sec., donneront tous deux la même densité si on développe 2 minutes (colonne 3); il sera loin d'en être ainsi pour un développement de 12 minutes, puisque deux densités égales proviennent alors de deux éclaircissements, du même ordre de grandeur, différant entre eux de seulement 9 o/o.

Cela revient à dire que la densité de l'image définitive obtenue par un développement déterminé ne suffit pas à définir l'image latente dont elle provient.

CHAPITRE V

Influence de la pose et de l'état de l'émulsion.

§ 1. **Durée d'exposition.** — Mon étude a porté sur trois durées : 1,22, 12,2 et 122 secondes, qui sont comparées deux à deux sur la même plaque, par exposition à travers le coin Jobin monté de la manière indiquée au chapitre II. La marge de densité de ce coin permet d'obtenir la totalité de la courbe de noircissement pour deux durées de poses dans le rapport 10, sans avoir à changer l'intensité ni la distance de la source. La plaque est développée pendant 5 minutes dans un révélateur au métol.

L'accroissement de la durée de pose diminue légèrement l'importance de l'évolution, sans en modifier l'allure, qui reste normale dans les premières heures. Le maximum de j est, par exemple, abaissé des $2/10^e$ de sa valeur, lorsque la durée de pose devient 10 fois plus grande. Pour les grandes durées d'évolution le maximum est plus vite atteint pour les poses longues que pour les poses brèves d'un même cliché.

§ 2. **Influence de l'âge de l'émulsion.** — N. Barabascheff et B. Semedjkin (22) ont signalé un affaiblissement de l'évolution, lorsque les plaques sont utilisées longtemps après leur fabrication. D'autre part, E. R. Bullock a obtenu (18) « une présomption quantitative de l'existence de cet affaiblissement ». Les différences constatées sont d'ailleurs faibles et le phénomène dont il s'agit très lent. La question est difficile à étudier directement. On ne peut songer, en effet, à comparer des plaques conservées à des plaques de même dénomination fabriquées plus récemment : la consti-

tution des émulsions a toutes chances de ne pas être la même. Il faut mesurer de temps en temps la grandeur absolue de l'évolution sur des échantillons d'un même lot, mis en réserve, en s'efforçant de maintenir identiques toutes les conditions d'exposition et de développement.

C'est la méthode que j'ai employée : elle m'a conduit à étudier aussi la conservation d'un révélateur au métol. Chaque opération comporte l'obtention de trois clichés d'évolution, exposés simultanément et développés, l'un dans un révélateur préparé chaque fois à partir d'une réserve de produits secs, les deux autres dans des bains qui avaient été préparés, l'un, 6 mois, l'autre, 1 an avant le début de cette série d'essais et conservés dans l'obscurité en flacons paraffinés. J'ai répété la même expérience plusieurs fois au cours d'un an.

J'ai ainsi vérifié que le révélateur employé se conserve parfaitement à l'état dissous. Par contre, l'action du vieillissement de l'émulsion sur l'évolution de l'image latente est trop faible pour être mise en évidence certaine au bout du laps de temps considéré.

§ 3. Effet d'un chauffage préalable de l'émulsion. — L'action précédente, si elle existe, est vraisemblablement due à une modification chimique de l'émulsion. J'ai essayé de voir si la chaleur n'accélérait pas cette modification au point d'en rendre les effets perceptibles : autrement dit si on ne pouvait pas vieillir artificiellement l'émulsion. J'ai procédé par comparaison. Une des moitiés d'une plaque étant mise en réserve, l'autre est chauffée dans un four électrique pendant 1 heure environ, et mise ensuite à refroidir pendant 4 ou 5 heures. Ces opérations ont lieu dans l'obscurité. La mise en marche du four est faite à temps pour que la température de régime soit atteinte au moment de l'introduction de la plaque. Cette dernière est posée sur un support isolant, de manière à être chauffée aussi régulièrement que possible

par convection de l'air du four et non par conductibilité de ses parois ; le bord des plaques ne reçoit d'ailleurs aucune impression lumineuse. La température est contrôlée avant et après le chauffage de la plaque. Le refroidissement achevé, les deux demi-plaques sont placées côte à côte dans un châssis et reçoivent simultanément des impressions échelonnées dans le temps. Elles sont ensuite développées simultanément dans la même cuvette pendant le même temps.

Je me borne aux résultats concernant l'évolution. Les courbes représentatives de la variation de densité en fonction du logarithme de l'âge restent des droites. Pour les deux demi-plaques d'un même couple, la valeur maximum de j passe, par exemple, de 0,15 à 0,08 sous l'effet d'un chauffage préalable de 45 minutes aux environs de 85° (température moyenne de l'air du four). Malgré les déformations de la courbe de noircissement, le coefficient j pour deux densités égales prises chacune sur un des clichés, est toujours supérieur sur la plaque non chauffée. Il est donc raisonnable de conclure que le chauffage préalable diminue l'importance de l'évolution. Il est, par suite, probable que le vieillissement de l'émulsion agit de la même manière.

CHAPITRE VI.

Action de diverses solutions aqueuses après l'exposition.

§ 1. Nature du problème. — Les traitements subis par la plaque après son exposition sont susceptibles, non seulement, de modifier l'image latente, mais encore d'altérer l'émulsion et de changer les conditions du développement ; si bien que, par exemple, toute variation dans la grandeur de l'évolution, peut être attribuée, soit à une modification de l'image latente subie principalement par la plus âgée, soit à une modification de sens inverse, surtout importante pour la plus jeune, soit encore à une modification du support réagissant sur le développement.

Je me suis attaché à faire des comparaisons aussi directes que possible entre les mesures brutes de clichés traités différemment. J'ai étudié l'action d'un désensibilisateur (Ecarlate basique n° III), l'action de l'eau et de solutions de carbonate ou de sulfite de sodium sous des concentrations analogues à celles employées dans les révélateurs.

Les clichés sont obtenus par groupe de quatre recevant simultanément des impressions identiques que l'on répète à divers instants selon le procédé déjà indiqué chapitre IV. Trois de ces clichés subissent, après une des impressions, soit le même traitement à des époques différentes pour chacun d'eux, soit des traitements différents à la même époque. Le quatrième cliché constitue un cliché témoin, dont le rôle est de contrôler les conditions d'expérience (identité des poses par exemple) et le comportement de la plaque. Tous les clichés sont développés simultanément dans un bain au métol agissant pendant six minutes.

§ 2. Caractères généraux des résultats. — 1. *Facilité d'observation.* — Quel que soit celui des corps étudiés, y compris l'eau distillée, les résultats ont un certain nombre de caractères communs importants. Les différences de densité entre deux poses d'âges inégaux développées simultanément sont toujours plus considérables sur le cliché traité entre la pose et le développement que sur le cliché témoin. On peut en voir un exemple sur la figure 17 qui donne, en fonction du logarithme de l'éclairement, les différences de densité de deux poses, faites à 4 heures 30 minutes d'intervalle, développées simultanément 1 heure 52 minutes après la pose la plus récente. Le cliché 1 est un cliché normal : après un si long délai entre la pose récente et le développement les différences de densité sont faibles. Le cliché 2 a été immergé pendant 1,5 min. dans un désensibilisateur (Ecarlate au 1/5000^e) presque immédiatement après la pose récente, séché au ventilateur et conservé ainsi 1 h. 50 min. avant d'être développé. L'observation de l'évolution est plus facile sur le cliché 2 que sur le cliché 1.



Fig. 17.

2. *Variation des propriétés de l'image latente par suite de l'évolution.* — Toutes les densités sont généralement un peu plus grandes sur la plaque traitée que sur la plaque témoin, les distances horizontales entre les points de même densité des deux courbes de noircissement étant d'ailleurs surtout altérées. Par exemple, dans le cas de la figure 17, deux éclaircissements différant de 10 0/0, agissant à 4 h. 30 min. d'intervalle donneront tous deux à la densité la valeur 2 sur le cliché témoin. Pour donner la même densité aux deux

poses du cliché traité, ils devraient différer de 35 o/o. L'action du désensibilisateur ou d'ailleurs de tout autre des bains étudiés met donc en évidence une nouvelle dissemblance entre les images latentes évoluées provenant du même éclaircissement.

3. *Analogie avec une stabilisation de l'image latente.* — L'ensemble des résultats obtenus s'exprime d'une manière commode si on choisit comme caractère principal de l'évolution sa tendance à donner aux densités de deux plages provenant d'images latentes d'âges différents des valeurs d'autant plus voisines que l'époque de leur développement commun est plus éloignée des époques d'exposition. Ils se résument alors comme suit.

Si le commencement du traitement ne précède pas de plus d'une heure celui du développement, toutes les solutions se comportent, en première approximation, comme si elles arrêtaient l'évolution, l'image latente demeurant ensuite dans l'état où elle se trouvait au début de l'action du liquide étudié. La figure 17 indique en effet une différence maximum de densité égale à 0,21 pour le cliché n° 2 qui a été traité. On peut calculer d'après la loi de l'évolution la différence de densité qu'on aurait observée sur le cliché 1, s'il avait été développé précisément au moment où on traitait le cliché 2, c'est-à-dire une demi-minute après la pose récente au lieu de 1 h. 52 min.; on trouve environ 0,25.

Nous allons maintenant préciser les indications précédentes, en classant les résultats d'après la nature du bain.

§ 3. *Mode de comparaison des résultats.* — J'indique d'abord un certain nombre de notations. Les clichés sont numérotés en chiffres arabes; les poses en chiffres romains, la pose I étant la première faite. Chacune d'elles impressionne chacun des clichés se trouvant dans le châssis au moment où on l'effectue, à travers une des lignes de trous placés devant le coin. Pour chaque exposition, je désigne

par θ l'âge des images latentes au début du développement, et par θ' l'âge des mêmes images au commencement du traitement étudié. Dans les comparaisons de deux expositions, je désignerai par la lettre L affectée au besoin d'un indice le logarithme du rapport des âges correspondant au début du développement et par L' le logarithme du rapport analogue, correspondant au début du traitement. Pour les poses I et II, par exemple :

$$L_{I,II} = \log \theta_I - \log \theta_{II}, \quad L'_{I,II} = \log \theta'_I - \log \theta'_{II}.$$

J'ai choisi pour représenter l'évolution la courbe qui donne, en fonction du logarithme de l'éclairement, les différences de densité ΔD des deux plages obtenues sur un même cliché par développement simultané d'impressions identiques faites à des moments différents.

Pour faciliter les conclusions en limitant le point de vue, je n'énumérerai pas chaque fois toutes les conditions d'expérience. Je me contenterai de donner pour chacune des courbes tracées les valeurs de L et L' pour le couple d'images latentes relatif à cette courbe. Je m'attacherai surtout à comparer la courbe obtenue sur le cliché témoin pour une valeur de L à celle obtenue sur le cliché traité pour une valeur égale de L' .

On sait que pour l'évolution normale, les différences de densité ΔD sont proportionnelles à L ($\Delta D = jL$) ; il faut remarquer toutefois que lorsque l'évolution est très prolongée (grandes valeurs de L) le coefficient j peut diminuer légèrement. Comme il s'agit dans les recherches actuelles de comparer des différences entre elles, j'ai dû employer des durées d'évolution un peu longues pour augmenter la précision ; j'ai toujours fait les poses de manière à pouvoir obtenir, non seulement des valeurs égales pour L et L' , mais encore des valeurs voisines pour θ et θ' ,

§ 4. Examen des divers cas. — 1. *Action de l'eau.* — Je donne sur la figure 18 le résultat de diverses comparaisons entre deux clichés. Pour le cliché normal, j'ai tracé deux courbes, l'une numérotée 1, relative à $L_1 = 2,98$, l'autre (n° 2) à $L_2 = 1,12$. Les points du cliché traité (petits cercles) correspondant à deux poses pour lesquelles $L = 1,12$ et $L' = 2,94$ (¹) se placent bien mieux sur la courbe 1 que sur la courbe 2, bien que $L = L_2$. Ce cliché avait fait un séjour continu de 35 minutes dans l'eau, entre la dernière exposition et le développement, les deux expositions considérées ayant eu lieu à 7 h. 22 min. d'intervalle.

Comme on le voit, l'évolution paraît s'arrêter au début de l'immersion, les deux images latentes restant dans le même état relatif pendant les 35 minutes de séjour dans l'eau.

Cette conclusion n'est d'ailleurs valable que pour des durées d'immersion qui ne dépassent pas une certaine

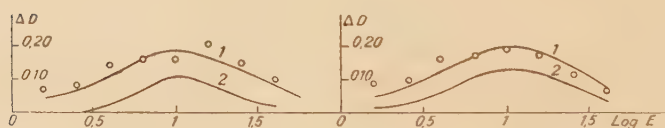


Fig. 18 et 19.

limite. Pour des durées plus grandes, l'immobilisation de l'évolution est moins marquée. Voici, par exemple (fig. 19), les courbes relatives à deux clichés, l'un (le précédent) ayant subi un traitement de 35 minutes dans l'eau ($L = 1,12$, $L' = 2,94$, courbe 1), l'autre un traitement de 2 h. 55 min. ($L = 0,65$, $L' = 2,94$, courbe 2). L'évolution semble se poursuivre dans l'eau, mais à un degré bien moindre que dans l'air, cas dans lequel l'ordonnée maximum de la

(¹) Etant données les valeurs habituelles de j , la petite différence de 0,04 entre L et L' est tout à fait négligeable, elle se traduirait sur la densité par une différence de l'ordre de 0,005.

courbe 2 serait seulement de 0,04. Il se peut que de si longues immersions altèrent trop l'émulsion.

2. *Désensibilisateur*. — L'action du désensibilisateur utilisé agissant pendant 1,5 min. est très analogue à celle de l'eau. On peut s'en rendre compte sur la figure précédente (fig. 19) où des cercles (o) indiquent les résultats pour un cliché exposé en même temps que celui de la courbe 1, mais traité par le désensibilisateur pendant 1,5 min. et conservé sec pendant 35 min. avant d'être développé ($L = 1,12$, $L' = 2,94$), au lieu d'avoir séjourné 36,5 min. dans l'eau. Elle peut, d'autre part, être étudiée plus commodément ;

TABLEAU III

Heures	Expositions	Traitements
8 h. 48 11 h. 48	Pose I sur 1, 2, 3, 4 Pose II sur 1, 2, 3, 4	
11 h. 48,5		Immersion 4 dans écarlate
11 h. 50		Sortie 4 et séchage de ce cliché
14 h. 48	Pose III sur 1, 2, 3	
14 h. 48,5		Immersion 3 dans écarlate Immersion 2 dans l'eau
14 h. 50	Pose IV sur 1	Sortie de 2 et 3
14 h. 50,5		Développement simultané de 1, 2, 3, 4.
Nature du développement : Métol Durée : 6 minutes		

une action ménagée, suivie de séchage, suffisant à produire les mêmes effets qu'un séjour continu dans l'eau.

La figure 20 donne certains résultats pour le groupe de clichés du tableau III. Les courbes 1 et 2 correspondent au cliché normal (n° 1) respectivement pour $L = 2,86$ (poses I et IV) et $L = 2,16$ (poses I et III). La courbe 3 est relative au cliché traité (n° 3) pour $L = 2,16$ et $L' = 2,86$ (poses I et III). Dans la région du maximum d'évolution, correspondant à l'exposition normale, la courbe 3 est très voisine de la courbe 1 : l'action du désensibilisateur paraît assurer la stabilité des images. Mais, pour les éclaircissements extrêmes, les différences de densité sur la plaque traitée sont supérieures à celles que donnerait cette hypothèse.

On peut faire les mêmes constatations en comparant sur les mêmes clichés des poses d'âge moins différents, comme on peut le voir d'après la figure 21 (courbe 1 : poses II et IV

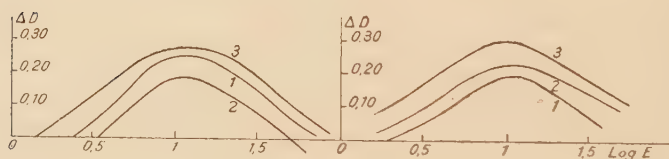


Fig. 20 et 21.

sur le cliché normal, $L = 2,56$ et courbe 2 : poses II et III sur le cliché traité $L = 2,86$, $L' = 2,56$).

Toutefois, lorsqu'on augmente le délai entre le traitement et le développement, les différences de densité constatées sur le cliché traité sont plus considérables que celles correspondant à un arrêt de l'évolution, ainsi que le montre la courbe 3 de la figure 21 relatives aux poses I et II du cliché n° 4 ($L = 0,30$, $L' = 2,56$). On peut assimiler ce résultat à une rétrogradation lente de l'évolution, lorsque le développement est longuement différé pour la plaque traitée. On peut calculer, en effet, que pour les deux poses I et II,

séparées par un intervalle de 3 heures, les différences de densité sur le cliché 4, immergé 30 sec. après la pose II et développé 3 heures après, sont égales à celles que donnerait le cliché témoin portant les mêmes impressions s'il était développé 3 secondes au lieu de 30 secondes après la même pose. Ce n'est évidemment là qu'une manière de s'exprimer.

3. *Sulfite*. — L'étude d'une solution de sulfite est intéressante par suite de la présence de ce corps dans la plupart des révélateurs. J'ai vérifié que, sur des plaques ayant séjourné dans une solution de sulfite à 5 o/o pendant un temps analogue à la durée d'un développement, tout se passe comme si l'évolution était suspendue au début de l'immersion. La figure 22 représente le résultats de l'expé-

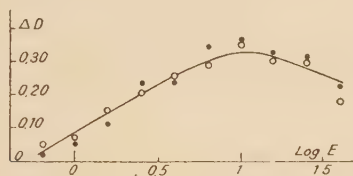


Fig .22.

rience suivante : deux poses sont faites sur trois plaques à 18 heures de distance ; une demi-minute après la dernière pose, un cliché (n° 1) est mis à développer ; les deux autres (n°s 2 et 3) sont immergés dans la solution de sulfite. Au bout de 6,5 min. on retire le cliché 2 et on le développe à part ; après 13 minutes de séjour dans le sulfite on développe à son tour le cliché 3. Le révélateur employé est évidemment le même pour les trois clichés, la durée de développement est de 6 minutes. Les différences de densité sont représentées par la courbe pour le cliché 1 ($L = 3,33$), par les points (·) pour le cliché 2 ($L = 2,18$ et $L' = 3,33$) et par des cercles (o) pour le cliché 3 ($L = 1,90$ et $L' = 3,33$).

Les différences d'ordonnées sont à peu près de l'ordre des erreurs d'expérience ; entre le cliché 1 et un autre cliché

non traité développé au même instant que le cliché 3, elles auraient été de près de 0,15.

4. *Carbonate*. — L'action d'une solution de carbonate produit aussi un effet analogue à un arrêt de l'évolution, aussi bien pour de faibles durées d'immersion que pour des durées de l'ordre de 2 heures.

5. *Remarque*. — Les résultats que je viens d'exposer pourraient faire penser que l'évolution ne se produit pas lorsque les poses sont faites sur une plaque immergée. J'ai vérifié que tel ne semble pas être le cas pour l'eau. Une plaque ayant baigné préalablement dans l'eau pendant une dizaine d'heures est placée dans une cuve à parois planes derrière le coin. Elle reçoit deux impressions à trois heures d'intervalle et est développée aussitôt après la dernière. Les mesures des densités des deux poses manifestent une évolution de grandeur tout à fait comparable à celle d'une plaque témoin, pour la partie rectiligne de la courbe de noircissement. Pour les densités faibles, l'évolution est plus considérable dans l'eau, elle est même bien visible sans mesure. La densité passe par exemple de 0,10 sur la pose récente à 0,20 sur la pose ancienne.

Si on fait le même essai en remplaçant l'eau par une solution de carbonate de sodium à 5 o/o, les variations de densité sont très considérables. A une plage du coin correspondront par exemple les densités : 1,20, 0,84 ou 0,42 selon que les poses auront été faites 6 h. 20 min., 2 h. 15 min. ou 30 secondes avant le développement. Mais surtout dans ce dernier cas, malgré la durée de l'immersion préalable, il n'est pas prouvé pour le moment que la sensibilité de la plaque ne varie pas énormément au cours des opérations. D'ailleurs, les conditions de développement sont toutes différentes sur les clichés traités et sur les normaux.

§ 5. *Conséquences*. — 1. *Epoque de la fin de l'évolution*. — Nous avons déjà vu que l'âge de l'image latente au début du développement paraissait être peu différent de la durée

réelle de l'évolution. Les liquides que nous venons d'étudier agissent tous, au moins en première approximation, comme s'ils arrêtaient l'évolution dès leur mise en contact avec la plaque ; la différence de densité devient en effet dans ce cas à peu près indépendante de l'époque du développement. Les expériences sur l'eau et sur le sulfite, pour des durées d'immersion de l'ordre de celles d'un développement inclinent d'ailleurs particulièrement à penser que l'image latente cesse effectivement d'évoluer dès qu'elle est placée dans le révélateur.

2. *Absence d'évolution anormale.* — Nous avons dû constater au cours de l'exposé des résultats généraux que, pour les faibles éclaircissements, l'évolution se traduisait parfois par une diminution de la densité de l'image développée. De plus, lorsque la durée des observations est considérable, il arrive fréquemment que l'évolution passe par un maximum et donne lieu ensuite à une dégression de la densité. Au cours des recherches que je viens d'exposer dans le présent chapitre, aucune de ces deux constatations n'a jamais été faite sur les plaques traitées et, même, l'arrêt de l'évolution par immersion continue dans l'eau (ou de courte durée dans un désensibilisateur) permet d'observer pour les faibles éclaircissements des accroissements de densité assez considérables.

3. *Dissemblance des images latentes d'âges différents.* — Chacun des cas que nous avons abordés mériterait une étude plus approfondie ; aussi les conclusions que j'ai tirées des résultats ne peuvent-elles être considérées que comme une première approximation ; je souligne toutefois qu'elles mettent en évidence une nouvelle dissemblance entre deux images latentes inégalement évoluées : celle de n'être pas traitées de la même manière par les diverses solutions étudiées. Cette dissemblance pourrait être rapprochée de celle constatée par P. Villard (22) entre deux images obtenues, l'une par action de la lumière, l'autre par action des rayons X.

TROISIÈME PARTIE

ÉTUDE DE DIFFÉRENTES ÉMULSIONS

CHAPITRE VII

Emulsions pour lesquelles l'image latente évolue normalement.

§ 1. **Emulsions de moyenne sensibilité : Lumière extra-rapide.** — L'évolution se manifeste sur la plaque Lumière (extra-rapide) de la même manière que sur la plaque Jouglà et à un degré à peine inférieur. Pour des durées de quelques heures la densité croît proportionnellement au logarithme de l'âge de l'image latente de sorte que l'on peut caractériser son importance pour un éclaircissement déterminé par la valeur du coefficient j . La variation de j se représente graphiquement en fonction du logarithme de l'éclaircissement par une courbe de même allure que pour la plaque Jouglà, c'est-à-dire présentant un maximum dans la région d'exposition normale. De même les déformations subies par la courbe de noircissement au cours de l'évolution sont analogues. On pourra faire ces diverses constatations sur la figure 23.

Lorsque la durée d'observation dépasse une dizaine d'heures, j'ai fréquemment obtenu des courbes d'évolution présentant un maximum, atteint du reste sur un même cliché pour des valeurs de l'âge dépendant de l'éclaircissement, et d'autant plus grandes que l'évolution est plus importante pour l'éclaircissement considéré.

L'ensemble des clichés est en bon accord qualitatif ; mais,

de même que pour les Jougla, la valeur maximum du coefficient j varie dans d'assez grandes limites. Elle est en moyenne de 0,08 ; mais elle peut atteindre 0,12. Autrement dit, il peut arriver que certaines plaques Lumière exceptionnelles présentent l'évolution au même degré que certaines plaques Jougla, bien que la plupart du temps il soit plus

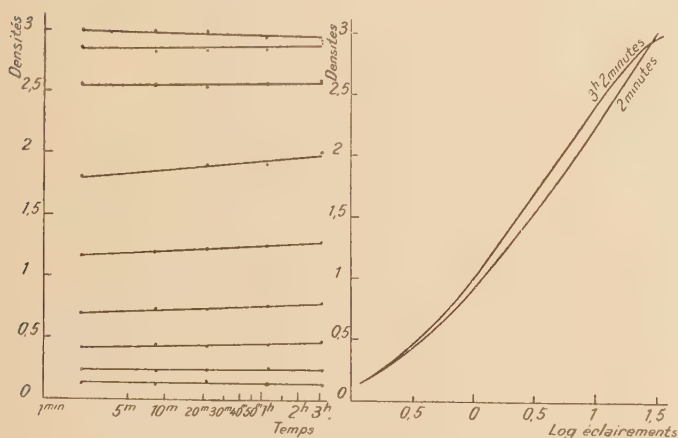


Fig. 23.

facile de la mettre en évidence sur ces dernières plaques. La durée de pose intervient d'ailleurs sur la grandeur de l'évolution, qui, en règle générale, se manifeste mieux pour les faibles durées de pose, au moins pour des quantités de lumière moyennes.

§ 2. Emulsion de faible sensibilité. — Je n'ai étudié que la plaque au lactate Guillemot pour report. Les variations de densité dans les conditions d'étude ont toujours été si faibles qu'elles sont la plupart du temps de l'ordre des erreurs d'expérience. En faisant la moyenne des divers essais on peut dire que j ne dépasse pas 0,01 sur cette émulsion, bien que le coefficient de contraste γ atteigne des valeurs du même ordre que pour les autres émulsions.

§ 3. Emulsions panchromatiques. — Parmi les plaques panchromatiques que j'ai utilisées, l'une, la plaque Ilford Panchromatic Soft Gradation de fabrication actuelle, donne des résultats tout différents de ceux que nous avons exposés jusqu'ici : je l'étudierai dans le chapitre suivant. Les deux autres, la plaque Paget Prize Panchromatic et la plaque Ilford Panchromatic ancienne fabrication, se comportent d'une manière analogue à la plaque Jouglà. Sur la plaque Paget, l'évolution est particulièrement facile à mettre en évidence, puisque j atteint couramment des valeurs de 0,25.

CHAPITRE VIII

Allure anormale de l'évolution sur la plaque Ilford panchromatic soft gradation de fabrication actuelle.

§ 1. Régression de la densité au cours de l'évolution. — Contrairement à ce qui a lieu pour les plaques que nous avons examinées jusqu'ici, l'évolution de l'image latente se traduit pour les plaques Ilford « Panchromatic » par une diminution très nette de la densité de l'image développée : ce sont les images correspondant aux expositions les plus jeunes qui sont les plus denses. L'importance du phénomène

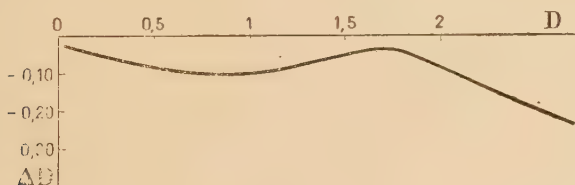


Fig. 24.

dépend de l'éclairement reçu par la plaque d'une manière assez compliquée que je vais préciser par un exemple. J'ai représenté sur la figure 24 les résultats des observations pour deux poses de 10 secondes, faites à 5 h. 45 min. d'intervalle et développées 25 secondes après la dernière dans un révélateur au métol agissant pendant 6 minutes. Pour faciliter des comparaisons avec les autres émulsions, j'ai porté en abscisses les densités de la pose récente et en ordonnées les différences algébriques obtenues en retranchant les densités de la pose récente des densités correspondantes de la

pose ancienne. La forme de la courbe obtenue est particulière mais se retrouve, pour ce mode de développement, sur tous les clichés étudiés.

Cette manière de se comporter étant tout à fait inattendue, j'ai opéré par comparaison directe avec les plaques Jougla. La moitié d'une plaque Ilford et la moitié d'une plaque Jougla sont placées dans un même châssis en position telle qu'elles puissent être éclairées chacune par une des lignes de trous du porte-châssis, toutes précautions ayant été prises pour éviter une confusion entre les poses d'âges différents. A un instant donné, les deux plaques reçoivent simultanément une exposition de 10 secondes à travers une lame de verre bleu, qui, tout en éliminant la possibilité d'un trouble causé par l'hétérogénéité de la lumière, permet d'avoir des impressions analogues sur les deux plaques, bien que leur sensibilité à la lumière blanche soit très différente. Quelques heures plus tard, on donne une deuxième impression et immédiatement après on développe les deux plaques dans la même cuvette pendant le même temps. Voici, dans le tableau IV les conditions d'obtention d'un tel couple de clichés et les densités mesurées pour diverses plages du coin.

TABLEAU IV

Ages	Ilford					Jougla				
5 heures . .	2.80	2.25	1.55	1.11	0.48	3.40	2.67	1.85	0.94	
45 sec. . .	3.03	2.45	1.57	1.20	0.56	3.25	2.50	1.58	0.98	
Développement : 6 min. ; Révélateur : métol										

§ 2. Influence du développement. — J'ai étudié l'influence de la durée du développement pour le révélateur au métol, suivant le mode opératoire indiqué au chapitre IV.

Pour un éclairage déterminé, la diminution de densité observée en passant d'une image ancienne à une image récente varie en fonction de la durée de développement et

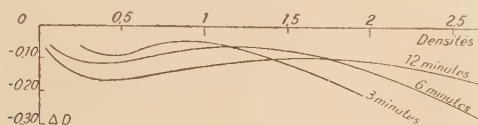


Fig. 25.

passer par un maximum pour une valeur de cette durée qui n'est pas la même pour tous les éclairages. Les résultats ne se traduisent bien que par un graphique : la figure 25 est

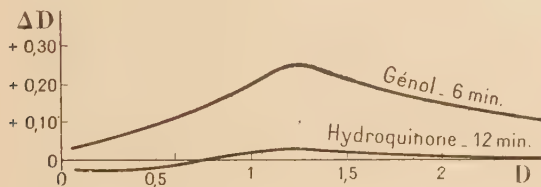


Fig. 26.

relative à un groupe de clichés ayant reçu deux expositions de 10 secondes, faites l'une 8 heures, l'autre 40 secondes avant le développement ; elle représente pour chacun d'eux

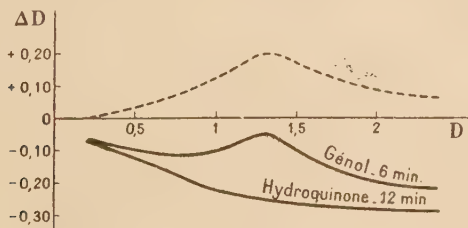


Fig. 27.

les variations de densité en fonction de la densité de la pose récente.

En ce qui concerne la nature du révélateur, contrairement à ce que nous avons constaté sur les Jougla, c'est l'hydroquinone, qui met le mieux en évidence sur les Ilford la variation de la densité avec l'époque de l'exposition. C'est ce que montre la comparaison de la figure 26 (Jougla) aux courbes en trait plein de la figure 27 (Ilford). Cette dernière figure représente les résultats pour deux clichés obtenus simultanément et développés, l'un 12 minutes à l'hydroquinone bromurée, l'autre 6 minutes au métol. La durée de pose était de 10 secondes et leur intervalle de 5 heures; le développement était commencé 45 secondes après la dernière

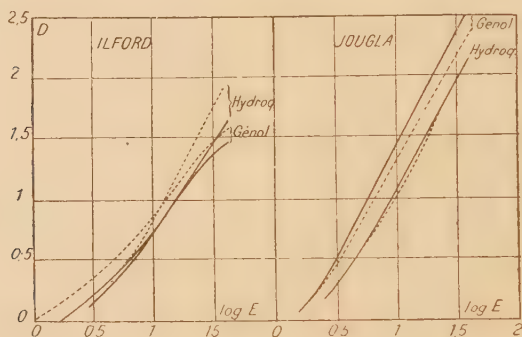


Fig. 28.

pose. On peut remarquer, non seulement que l'amplitude du phénomène est plus grande pour le cliché développé à l'hydroquinone que pour celui développé au métol, mais encore que la forme de la courbe qui le traduit n'est pas la même dans les deux cas.

La comparaison directe entre les plaques Ilford et les plaques Jougla confirme l'inversion des effets de ces deux révélateurs sur l'évolution, comme on peut le voir sur la figure 28, sur laquelle les courbes en trait discontinu correspondent aux poses récentes. Elle est relative à un groupe de quatre clichés (deux Ilford et deux Jougla) impres-

sionnées simultanément et développées deux à deux (une Ilford et une Jouglà) dans la même cuvette, un couple avec le révélateur au métol pendant 6 minutes, l'autre avec le révélateur à l'hydroquinone pendant 12 minutes.

§ 3. Cause possible de l'inversion de l'évolution sur plaque Ilford. — J'ai cherché à voir si l'inversion de l'évolution

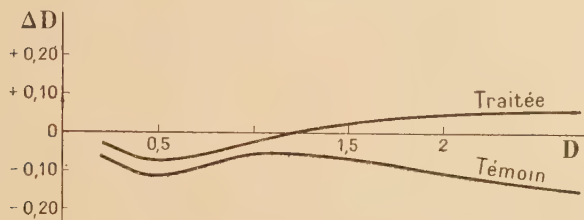


Fig. 29.

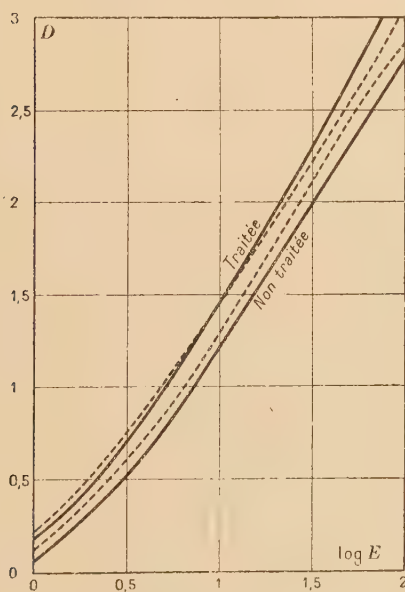


Fig. 30.

n'était pas due à une substance contenue dans les émulsions Ilford, alors qu'elle manquait dans les Joula. Un moyen simple était d'essayer de dissoudre cette substance dans de l'eau. J'ai laissé une plaque Ilford séjourner pendant 24 heures dans de l'eau distillée et après séchage complet, je l'ai exposée en même temps et dans le même châssis qu'une plaque de la même sorte non traitée et qu'une plaque Joula. La figure 29 et la figure 30 traduisent les résultats de cette expérience pour deux poses séparées par un intervalle de 2 heures, le développement au métol étant fait 40 secondes

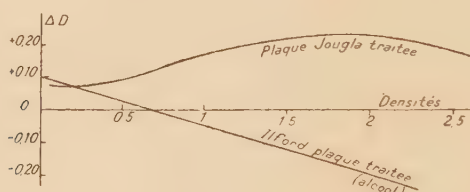


Fig. 31.

après la dernière. La plaque Ilford traitée par l'eau avant l'impression est redevenue normale pour toute la région supérieure de la caractéristique.

Une expérience analogue a été faite en utilisant l'alcool, comme solvant au lieu d'eau distillée. J'ai traduit sur la figure 31 l'influence de ce traitement sur une plaque Ilford et sur une plaque Joula. Pour la plaque Joula, l'alcool n'apporte que des modifications insignifiantes à la grandeur de l'évolution, bien qu'il accroisse la sensibilité; pour la plaque Ilford au contraire il fait disparaître pour les faibles densités les apparences anormales.

Ces résultats semblent indiquer que l'inversion de l'évolution sur plaque Ilford « Soft gradation » de fabrication actuelle tient à la présence dans l'émulsion d'au moins une substance soluble dans l'eau et dans l'alcool et susceptible de détruire l'image latente au cours du temps.

CHAPITRE IX

Comparaison des deux genres d'évolution.

§ 1. Remarques sur l'évolution inverse. — L'existence partielle de l'évolution normale sur une plaque Ilford, traitée par l'eau ou l'alcool avant l'impression, donne à penser que cette évolution se produit aussi sur la plaque non traitée, mais qu'elle est alors masquée par un phénomène de sens inverse, une destruction de l'image latente par un constituant de la gélatine ou de l'émulsion analogue à celle constatée par d'autres auteurs sur les papiers au gélatino-bromure (23) ou au chlorure d'argent.

Si on suppose que pour toutes les émulsions ce deuxième phénomène et l'évolution normale coexistent, avec des importances relatives variables avec l'émulsion considérée, la variation de densité observée traduira la différence entre les effets des deux phénomènes (1). Nous allons voir que cette hypothèse est en bon accord avec les résultats obtenus sur une plaque Ilford et explique les cas anormaux constatés sur les autres plaques.

On peut remarquer tout d'abord, en ce qui concerne la plaque Ilford, que l'évolution inverse est particulièrement marquée dans les conditions d'expérience les moins favorables à l'observation des aspects normaux sur les plaques courantes. Par exemple dans le cas d'un développement au métol, l'évolution normale est maximum pour les densités moyennes — la valeur absolue de l'évolution inverse présente

(1) E. R. Bullock a envisagé mais rejeté une hypothèse similaire.

au contraire un minimum pour les mêmes densités. Ce minimum s'efface d'ailleurs si on utilise l'hydroquinone peu apte à manifester l'évolution normale. D'autre part, ce dernier révélateur traduit l'évolution inverse par de plus fortes variations de densité que le métol. On peut faire ces diverses constatations en se reportant aux figures 26 et 27.

En résumé, tout se passe sur la plaque Ilford comme si le phénomène prépondérant était la destruction de l'image latente.

§ 2. **Cas anormaux sur les plaques courantes.** — Je désigne ainsi les circonstances dans lesquelles on observe une diminution de la densité au cours de l'évolution. Elles correspondent, dans l'hypothèse actuelle, au cas, exceptionnel sur les plaques courantes, où le phénomène normal devient moins important que le phénomène régressif. Elles ne se produisent en effet que dans les conditions où l'évolution normale est faible : petites densités ou grandes durées d'évolution. J'ai d'autre part signalé chapitre VI qu'on ne les observe pas si les plaques ont subi une immersion plus ou moins prolongée après leur exposition, cas où précisément les accroissements de densité sont au contraire considérables.

L'étude du maximum de la densité en fonction de la durée d'évolution présente un intérêt particulier. Pour l'évolution normale, la vitesse d'accroissement de densité est inversement proportionnelle au temps, le facteur de proportionnalité étant le coefficient j . Au bout de quelques heures, cette vitesse devient très faible, les effets du phénomène inverse interviennent et on peut observer une régression de la densité. Cette régression, qui suit le maximum, sera d'autant plus tardive que j est plus grand, c'est-à-dire : 1° à durée de pose constante, dans la région d'exposition normale ; 2° à éclairissement constant, pour les poses de courte durée. C'est bien ce que nous avons constaté sur les clichés Jouglà ou Lumière portant sur de longues durées d'évolution.

On retrouve, d'autre part, sur une plaque courante des apparences voisines de celles fournies par une plaque Ilford, si on choisit d'une manière convenable les époques des impressions que l'on compare. Sur la figure 32, la courbe 1, relative à une plaque Jougla, représente la variation de densité observée pour deux poses faites, l'une 2 heures, l'autre 68 heures avant le développement. Elle a de grandes ressemblances avec la courbe en trait discontinu, obtenue pour une plaque Ilford ; cela tient à ce que la position de l'époque du maximum par rapport aux époques des poses n'est pas la même pour tous les éclaircissements. Si des observations encore plus prolongées étaient assez sûres, on pourrait sans

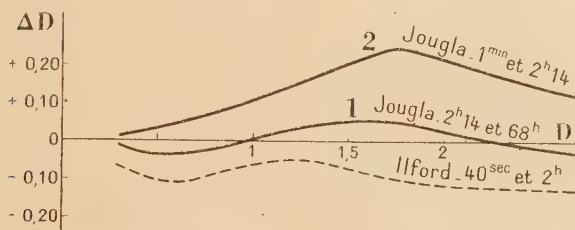


Fig. 32.

doute retrouver tout à fait les mêmes apparences que sur une Ilford. J'ai traduit sur la même figure (courbe 2) les résultats pour deux poses faites respectivement 2 heures et 1 minute avant le développement sur la même plaque Jougla. La figure ainsi complétée montre que l'on peut passer en quelque sorte d'une manière continue des résultats obtenus sur plaque Ilford, à ceux que donne l'évolution normale.

§ 3. Séparation des deux phénomènes sur la plaque Ilford.

— Le révélateur à l'hydroquinone ayant peu d'aptitude à mettre en évidence les effets de l'évolution normale sur la densité de l'image développée, ne traduit probablement sur la plaque Ilford que le phénomène régressif. Le révélateur

au métal, au contraire, doit traduire les deux phénomènes. La différence des ordonnées des deux courbes en trait plein de la figure 27, doit donc représenter l'accroissement de densité que produirait l'évolution normale sur une plaque Ilford, si l'image latente ne subissait pas d'autre action. J'ai figuré en trait discontinu la courbe ainsi obtenue. Comme on le voit (fig. 27), cette courbe est presque exactement superposable à celle que donne une plaque Jouglà dans les débuts de l'évolution (voir fig. 26). De plus, son ordonnée maximum, 0,20, est de l'ordre de grandeur de l'accroissement que l'on observerait dans les mêmes conditions de développement pour deux poses de mêmes âges respectifs que les poses considérées sur la plaque Ilford et correspondrait à une valeur de j de 0,08, c'est-à-dire d'un ordre de grandeur tout à fait habituel sur les plaques courantes.

§ 4. Conclusion. — En résumé, il est très probable que les variations subies par l'image latente après l'impression sont le résultat de deux actions de sens inverse : un renforcement spontané, à peu près de même amplitude sur toutes les émulsions, qui constitue une propriété spécifique de l'image latente auquel se superpose un effet destructeur extérieur, dont la grandeur est très variable selon l'émulsion considérée. Très faible sur la plupart des plaques, il peut devenir prépondérant dans certains cas particuliers (Ilford actuelle et papiers au bromure, par exemple).

QUATRIÈME PARTIE

CHAPITRE X

Influence de l'âge de l'image latente sur les propriétés de l'image développée.

Les recherches que j'ai exposées jusqu'ici, n'ont porté que sur la densité en lumière parallèle de l'image développée. Elles nous ont permis de constater que deux images obtenues dans les mêmes conditions d'éclairement et de développement, à partir d'expositions faites à des époques distinctes absorbaient inégalement la lumière.

J'ai cherché à voir si l'évolution de l'image latente ne modifiait pas autrement l'image développée; j'ai, en particulier, étudié l'influence de l'époque de l'exposition sur les propriétés diffusantes de cette image et sur son aptitude à subir l'action d'un affaiblisseur.

§ 1. **Propriétés diffusantes.** — J'ai reproduit par contact un certain nombre des clichés m'ayant servi à l'étude de l'évolution. La reproduction ayant reçu une impression d'autant plus faible que la densité efficace de la plaque correspondante du cliché original est plus grande, la mesure de ses propres densités permet de comparer commodément les propriétés diffusantes de deux images développées provenant d'images latentes d'âges différents. On pourrait évidemment, par graduation de la plaque sur laquelle on fait le report, déterminer les densités efficaces du cliché reproduit;

TABLEAU V

Âges des impressions	Densités absolues de l'original (Jougle)							Densités absolues de la copie						
	2,66	2,48	2,21	1,83	1,51	1,18	0,93	1,43	1,58	1,81	1,98	2,19	2,32	2,42
4 h. 36														
18 sec.	2,55	2,31	2,04	1,60	1,35	1,04	0,83	1,46	1,68	2,01	2,20	2,35	2,44	2,51
	Fond 0,25							Fond 2,53						
Log. des éclaircissements sur l'original . . .	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2							
Nos des pages . . .	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7

Développement : trois minutes métal

mais cette opération n'est pas nécessaire dans les recherches qui nous occupent.

Le tableau suivant (tableau V) donne sur une même ligne, à gauche les densités absolues des diverses plages de l'original (dans l'ordre des éclairagements décroissants) et à droite celles des plages correspondantes de la copie.

L'âge des images latentes au début du développement est de 4 h. 36 min. pour la première ligne de chiffres et de 18 secondes pour la deuxième.

A première vue, on constate que les densités de la copie sont plus faibles pour la deuxième ligne que pour la pre-

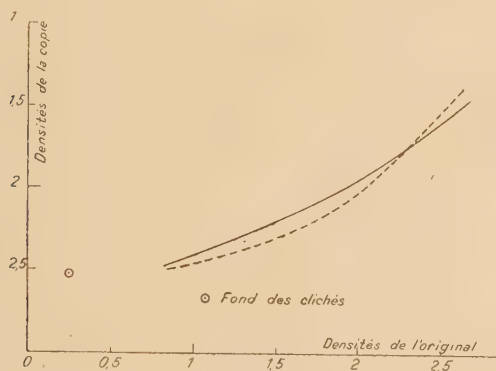


Fig. 33.

mière : autrement dit, comme les densités en lumière parallèle, les densités efficaces sont accrues par l'évolution, ce à quoi on pouvait s'attendre. Mais, un examen plus attentif du tableau met en évidence un résultat plus important. Par exemple, si on compare sur la copie la plage n° 4 de l'exposition ancienne à la plage n° 3 de l'exposition récente, on constate qu'elles ont à très peu près la même densité : les densités efficaces de l'original pour les deux plages correspondantes sont donc très voisines ; or, la partie gauche du tableau nous montre que les densités en lumière

parallèle des deux mêmes images diffèrent de 0,20 environ ; l'évolution modifie donc considérablement les propriétés diffusantes de l'image développée.

On peut faire des constatations analogues pour d'autres plages ; il est plus intéressant de traduire les résultats par un graphique. Si on porte en abscisses les densités absolues de l'original et en ordonnées celles de la copie, les points obtenus ne peuvent être réunis par une seule courbe : il faut, comme le montre la figure 33, qui correspond au même cliché que le tableau V, en tracer deux. Sur l'une, la courbe en trait plein, se placent tous les points correspondant aux impressions vieilles ; sur l'autre (trait discontinu) tous les points des impressions récentes. La position relative de ces deux courbes dépend d'ailleurs des conditions de développement du cliché original, mais, quelles que soient ces conditions, à une même valeur de la densité en lumière parallèle de l'original, correspondent généralement deux valeurs différentes de la densité efficace.

Cette dernière constatation peut d'ailleurs être faite facilement sur la copie d'un cliché d'évolution développé pendant 12 minutes à l'hydroquinone bromuré (tableau VI). Alors que les densités en lumière parallèle de deux plages ayant reçu le même éclaircissement sont à peu près identiques sur ce cliché quelle que soit l'époque de l'exposition (partie gauche du tableau), on voit réapparaître sur la copie, les effets de l'évolution (partie droite du tableau). On peut vérifier, d'autre part, sur ce tableau que deux plages peuvent avoir même densité efficace, bien que leur densité en lumière parallèle soit inégale. C'est le cas, par exemple, pour la plage récente n° 3 et la plage ancienne n° 4 dont les densités diffèrent de 0,35 sur le cliché original, alors qu'elles se traduisent par la même densité sur la copie.

En résumé, deux images développées ayant, en lumière parallèle, des densités identiques, peuvent ne pas être identiques à d'autres points de vue. Les différences de leurs pro-

priétés dépendent d'ailleurs non seulement de l'impression lumineuse qui est à leur origine, mais encore du développement.

§ 2. Effet d'un affaiblisseur. — L'action d'un affaiblisseur confirme la conclusion précédente.

J'ai employé l'affaiblisseur au ferricyanure de potassium et hyposulfite de sodium, que j'ai laissé agir pendant quelques minutes sur un certain nombre de clichés relatifs à

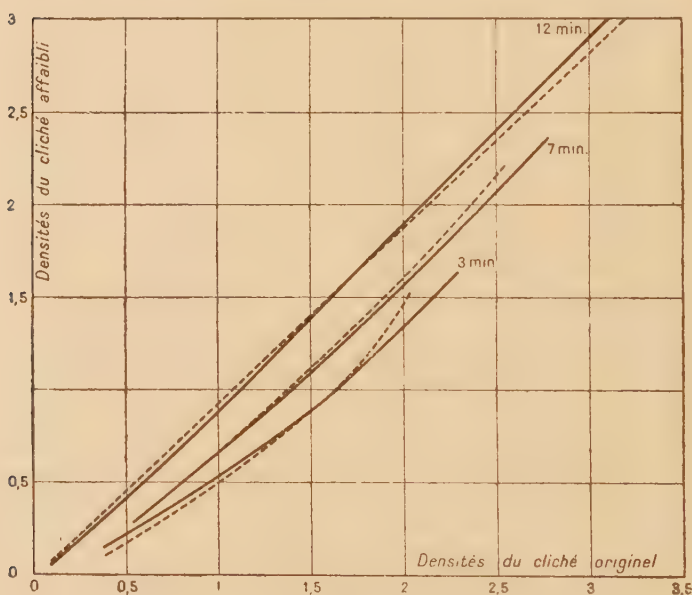


Fig. 34.

l'étude de l'évolution. J'ai pu constater ainsi que les densités de deux poses d'âges différents ne sont pas modifiées de la même façon par ce traitement.

Par exemple, alors que l'évolution est peu visible sur un cliché développé assez longtemps avec un révélateur à l'hydroquinone bromuré, elle devient bien apparente sur le

même cliché après affaiblissement. On peut s'en rendre compte sur le tableau VII.

D'autre part, si on cherche à représenter graphiquement les résultats en portant en abscisses les densités des diverses plages sur le cliché non affaibli et en ordonnées les densités des mêmes plages après affaiblissement, on ne peut, pas plus que précédemment relier les points obtenus par une seule courbe. La figure 34 représente les courbes correspondant à trois clichés traités pendant 4 minutes dans un bain contenant environ 0,5 o/o de ferricyanure et 5 o/o d'hyposulfite. Les courbes en trait plein correspondent aux expositions anciennes, celles en trait discontinu aux expositions récentes. Pour d'autres durées d'action de l'affaiblisseur, ou pour des affaiblissements successifs, l'allure générale des résultats est analogue : les images provenant d'impressions identiques, mais d'âges différents ne sont pas affaiblies suivant la même loi. D'ailleurs, pour un âge déterminé la diminution de densité dépend dans de larges limites de la valeur de la densité initiale et des conditions d'exposition et de développement du cliché original. Il en résulte que l'observation de l'évolution pourra, suivant le cas être favorisée ou gênée par l'affaiblissement de ce cliché.

§ 3. Influence du développement. — L'examen de la figure 34 montre que la position relative des deux courbes donnant la densité après affaiblissement en fonction de la densité du cliché non affaibli, change avec le développement. Les différences entre les deux courbes, sont souvent assez faibles, mais tous les clichés étudiés se classent dans le même ordre, que l'on prenne comme caractère de classement la durée de développement ou la position relative des deux courbes considérées. La nature du révélateur ne semble d'ailleurs pas intervenir. On peut constater, d'autre part, sur la figure 33 que la position relative des courbes traduisant les résultats de l'étude des propriétés diffusantes sur un

cliché développé trois minutes est la même que pour les courbes correspondant à la même durée de développement sur la figure 34. Cette remarque est valable quelle que soit la durée de développement considérée. Les densités efficaces faisant intervenir la totalité de la lumière diffusée, certainement liée à la répartition des grains d'argent réduit en fonction de leur grosseur, on peut conclure de la remarque précédente que l'action de l'affaiblissement est variable avec la grosseur de ces grains.

L'étude des propriétés diffusantes montre d'ailleurs que la granulation de l'image développée dépend de l'âge de l'image latente, sans que l'on puisse généraliser toutefois, pour toutes les conditions d'exposition ou de développement, le résultat obtenu par E. R. Bullock sur une émulsion commerciale traitée de manière à limiter l'impression à sa surface (18); la figure 33 montre, en effet, que l'action de l'évolution sur la répartition des grains n'est pas uniforme.

§ 4. Conséquences. — I. *Evolution*. — Les expériences précédentes mettent en évidence d'une nouvelle manière l'évolution de l'image latente. Elles constituent ainsi une autre preuve de la réalité de ce phénomène. Il est d'ailleurs assez remarquable que les modifications apportées par l'évolution à la granulation de l'image développée soient analogues, pour une densité déterminée, que l'on utilise un révélateur au métol ou un révélateur à l'hydroquinone donnant à peu près le même facteur de contraste, bien que les différences de densité en lumière parallèle soient très faibles dans le second cas.

On peut signaler d'autre part que les courbes donnant la densité d'une copie en fonction de la densité de l'original ont même position relative pour deux clichés obtenus, l'un sur plaque Ilford « soft gradation », l'autre sur plaque Jouglà, par développement de 12 minutes à l'hydroquinone. L'évolution affecte donc de la même manière la granulation

de l'image des deux émulsions, alors qu'elle se traduit sur la plaque Ilford par une régression de la densité (aussi bien en lumière parallèle qu'en lumière diffusée) contrairement à ce qui se passe pour la plaque Jouglà. Cela constitue un nouvel argument en faveur de l'hypothèse du chapitre IX.

II. *Connaissance de l'image développée.* — Dans un autre domaine, les résultats obtenus nous permettent de nous rendre compte que l'image développée ne peut, pas plus que l'image latente, être caractérisée par un nombre unique. La valeur de sa densité en lumière parallèle ne suffit pas, en effet, à la définir, puisque à une même valeur de cette grandeur peuvent correspondre des valeurs différentes, soit de la densité efficace, soit de la densité obtenue après un affaiblissement déterminé.

CONCLUSION

Les expériences, dont je viens d'exposer les résultats, contribuent à établir que l'image latente évolue après l'impression. Les mesures des densités de deux plages d'un même cliché ne différant entre elles que par l'époque de leurs expositions respectives ont mis, en effet, en évidence des écarts pouvant atteindre 0,60, c'est-à-dire, sans aucun doute, supérieurs aux diverses erreurs possibles. La densité de l'image développée croît proportionnellement au logarithme de l'âge de l'impression, les modifications subies par la courbe de graduation écartant, d'ailleurs, toute possibilité d'assimiler ce phénomène à une variation accidentelle de la source.

L'influence de la durée de développement sur la grandeur de l'évolution est considérable : par exemple, deux éclaircissements différant de 26 0/0, effectués à deux époques distinctes, pourront produire la même densité, sous l'action d'un révélateur au métol, agissant durant 2 minutes ; si le même développement était prolongé 12 minutes les mêmes éclaircissements, agissant aux mêmes époques, donneraient des densités très inégales. La nature du révélateur modifie d'ailleurs énormément la facilité des observations. Deux impressions identiques, d'âges inégaux se traduiront par des densités à très peu près identiques dans le cas d'un développement de longue durée à l'hydroquinone et par des densités différant de plusieurs dixièmes pour un développement convenable au métol. Cette propriété de l'hydroquinone m'a permis de contrôler mes expériences ; elle est la cause des insuccès de certains observateurs F. E. Poindexter et L. E. James (24) et L. I. Zimmermann (25), par exemple, qui ont utilisé ce révélateur.

L'action continue de l'eau et de diverses solutions, ou l'action limitée d'un désensibilisateur, paraît stabiliser, avant développement, l'image latente dans l'état où elle se trouve au moment de l'immersion et met en évidence une nouvelle dissemblance entre deux images latentes inégalement évoluées.

J'ai pu constater, d'autre part, que le renforcement de l'image latente est général et se produit sur des émulsions variées, ordinaires ou panchromatiques. L'étude particulière de certaines plaques Ilford permet de considérer comme probable l'existence d'un phénomène de sens opposé, particulièrement important pour ces plaques, dont la présence, à un degré moindre, sur les autres plaques expliquerait le maximum d'évolution souvent constaté.

Enfin, l'étude des propriétés diffusantes de l'image développée et de l'action d'un affaiblisseur, apporte des preuves nouvelles de l'existence de l'évolution. Selon les conditions d'expérience, la grandeur de ce phénomène peut être variable, mais elle est, dans tous les cas, parfaitement déterminée. On doit attribuer les divergences entre les résultats successifs de certains observateurs à l'absence de contrôle d'une des nombreuses grandeurs intervenant en photographie : cela paraît être le cas pour F. H. Sheares (26 et 27) et, plus tard, pour N. Barabascheff et B. Smedjkin (28 et 21), qui n'avaient pas constaté l'évolution au cours de leurs premières expériences et l'ont constatée dans les suivantes.

Une partie de mes résultats ayant été confirmée par ceux de E. R. Bullock (15, 16, 17, 18), il ne semble pas que le phénomène étudié puisse désormais prêter à discussion. Il faut donc en tenir compte en photométrie photographique, où il pourrait conduire, dans un cas extrême, à se tromper de 50 o/o sur la valeur d'une intensité. Un moyen, utilisé par précaution depuis longtemps, consiste à ne développer qu'un certain temps après l'exposition les clichés comportant des poses non simultanées : il est facilement efficace, puisque

la variation de l'image latente est rapide dans les premiers instants qui suivent la pose. J'ai indiqué, au cours du présent travail, un autre procédé, applicable dans le cas où on mesure les densités en lumière parallèle, pour atténuer les effets de l'évolution : il suffit d'employer l'hydroquinone comme révélateur et de développer longuement.

Les recherches que j'avais entreprises m'ont d'ailleurs donné des résultats d'un intérêt plus général.

En premier lieu, on ne peut « déterminer » une image latente par la seule connaissance de la densité de l'image développée qu'elle produit, puisque on ne peut définir l'égalité de deux images latentes. Selon, par exemple, que l'on utilisera un révélateur au métol ou un révélateur à l'hydroquinone, agissant pendant des durées convenables, à deux densités égales correspondront soit deux éclairagements différents de 45 o/o, soit deux éclairagements égaux. L'effet d'une immersion dans l'eau ou dans certaines solutions conduit d'ailleurs à une conclusion analogue. En langage simple, tout se passe comme si l'image latente subissait, au cours de l'évolution, plutôt un changement de nature qu'un accroissement « d'intensité ». Cela revient à dire qu'il faut au moins deux variables pour caractériser une telle image.

D'autre part, sur un cliché définitif, l'égalité des densités en lumière parallèle de deux plages n'entraîne pas l'identité de toutes leurs propriétés, elles peuvent par exemple diffuser inégalement la lumière et subir inégalement l'action d'un affaiblisseur.

Ainsi, pas plus que l'image latente, l'image développée ne peut être considérée comme définie par un nombre unique. Une grande prudence est donc nécessaire en photographie pour déduire les conséquences théoriques des résultats, lorsque les recherches portent sur les variations de plus d'une des conditions d'expérience et qu'on mesure seulement la densité de l'image définitive.

BIBLIOGRAPHIE

1. C. F. BRUSH. — *Phys. Rev.*, **31** (1910), 241.
 2. E. S. KING. — *Annals astr. Obs. Harvard*, **59** (1912), 29.
 3. E. C. PICKERING. — *Astrophys. Journ.*, **36** (1912), 374.
 4. A. E. WEBER. — *Annalen der Physik.*, **45** (1914), 814.
 5. A. ABRAHAM. — *Phot. Journ.*, **55** (1915), 115.
 6. C. E. K. MEES. — *Photography and Focus*, **39** (1915), 338.
 7. J. BAILLAUD. — *Annales de Physique* [9], **5** (1916), 167.
 8. H. J. CHANNON. — *Phot. Journ.*, **57** (1917), 74.
 9. H. BUISSON et CH. FABRY. — *Rev. d'Opt.*, **3** (1924), 1.
 10. CH. FABRY et H. BUISSON. — *Bull. Soc. Phys.*, 17 janvier 1913.
 11. CH. FABRY et H. BUISSON. — *Journ. Phys.*, **9** (1913), 37.
 12. — *Revue d'Optique*, **5** (1926), 76.
 13. C. JAUSSEMAN. — *Réunions de l'Inst. d'Opt.*, **4** (1933), 82.
 14. C. JAUSSEMAN. — *Rev. d'Opt.*, **8** (1929), 119.
 15. E. R. BULLOCK. — *Sc. et Ind. Phot.* [2], **1** (1930), 124 et 169.
 16. — — — — — **1** (1930), 321 et 371.
 17. — — — — — **3** (1932), 201 et 241.
 18. — — — — — **4** (1933), 6 et 33.
 19. PH. C. KEENANN. — *Astrophys. Journ.*, **74** (1931), 105.
 20. M. BLAU. — *Sitzungsber. Akad. Wissens. Wien.* [II A], **140** (1931), 623.
 21. N. BARABASCHEFF et B. SEMEDJIN. — *Zeitsch. Wiss. Phot.*, **28** (1931), 333.
 22. P. VILLARD. — *C. R. Acad. Sc.*, **184** (1927), 352.
 23. Mlle ROUMENS. — *Sc. et Ind. Phot.* [2], **3** (1932), 321.
 24. F. E. POINDEXTER et L. E. JAMES. — *Journ. Opt. Soc. Am.*, **22** (1932), 525.
 25. L. I. ZIMMERMANN. — *Journ. Opt. Soc. Am.*, **23** (1933), 342.
 26. F. H. SEARES. — *Astrophys. Journ.*, **36** (1912), 374.
 27. — — — — — **39** (1914), 310.
 28. N. BARABASCHEFF et B. SEMEDJIN. — *Zeitsch. Wiss. Phot.*, **28** (1930), 222.
-

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION.	I
PREMIÈRE PARTIE	
<i>Objet des recherches.</i>	
CHAPITRE PREMIER. — Généralités	3
CHAPITRE II. — Marche des expériences	8
DEUXIÈME PARTIE	
<i>Etude de l'évolution sur plaques Jougl.</i>	
CHAPITRE III. — Résultats pour une durée de pose déterminée	15
CHAPITRE IV. — Influence du développement.	27
CHAPITRE V. — Influence de la durée de pose et de l'état de l'émulsion	37
CHAPITRE VI. — Action de diverses solutions aqueuses après l'exposition	40
TROISIÈME PARTIE	
<i>Etude de différentes émulsions.</i>	
CHAPITRE VII. — Emulsions pour lesquelles l'image latente évolue normalement	50
CHAPITRE VIII. — Allure anormale de l'évolution sur plaque « Ilford panchromatic » actuelle	53
CHAPITRE IX. — Comparaison des deux genres d'évolution.	59
QUATRIÈME PARTIE	
CHAPITRE X. — Influence de l'âge de l'image latente sur les propriétés de l'image développée	63
CONCLUSION	73
BIBLIOGRAPHIE	76

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

**Propriétés chimiques du deutérium
et de ses composés.**

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 15 juin 1935.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,
CH. MAURAIN.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur de l'Académie de Paris,
S. CHARLÉTY.

